CANADIAN
GEOSCIENCE
COUNCIL

REPORT OF THE REVIEW COMMITTEE ON THE EARTH PHYSICS BRANCH

by the
REVIEW COMMITTEE
Chairman G.D. Garland
Members G. Lachapelle, O. Nuttli, R.D. Russell,
J.H. Sass, P.J. Savage and K.K. Wing

Published for the Council by the
Geological Survey of Canada as
Paper 87-24

Canada

88-02935/

GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA
PAPER 87-24

REPORT OF THE REVIEW COMMITTEE ON THE EARTH PHYSICS BRANCH

by the
REVIEW COMMITTEE
Chairman: G.D. Garland
Members: G. Lachapelle, O. Nuttli, R.D. Russell,
J.H. Sass, P.J. Savage and K.K. Wing

1987

©Minister of Supply and Services Canada 1987

Available in Canada through

authorized bookstore agents and other bookstores

or by mail from

Canadian Government Publishing Centre
Supply and Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

and from

Geological Survey of Canada offices:

601 Booth Street
Ottawa, Canada K1A 0E8

3303-33rd Street N.W
Calgary, Alberta T2L 2A7

100 West Pender Street
Vancouver, British Columbia V6B 1R8

A deposit copy of this publication is also available
for reference in public libraries across Canada

Cat. No. M44-87/24 Canada: $5.00
ISBN 0-660-53888-1 Other countries: $6.00

Price subject to change without notice

CONTENTS

Page	
1	Response to the report of the Canadian Geoscience Council on the Earth Physics Branch
1	Preamble
1	Recommendations
6	Report of the Review Committee on the Earth Physics Branch
6	Executive Summary
9	I The committee: appointment, membership, terms of reference
10	II The seven charges to the committee
12	III Background information on the Earth Physics Branch
15	IV Survey of Users
18	V Linkages between the EPB and government institutions, industry and universities
22	VI Analysis of specific areas
29	VII Concluding remarks
33	Appendix 1. Questionnaire and covering letter
42	Appendix 2. List of survey participants

RESPONSE TO REPORT OF THE CANADIAN GEOSCIENCE COUNCIL ON THE EARTH PHYSICS BRANCH

PREAMBLE

The concept of the amalgamation of the Earth Physics Branch (EPB) and the Geological Survey of Canada (GSC) has been discussed both formally and informally during the past few years. In particular, the A-Base Review of the GSC in 1982 recommended that Senior Management consider the issue and it was raised during the Ministerial Task Force on Program Review which took place in 1985. Based on the recommendations of this Review, the Government decided in late 1985 that the Department of Energy, Mines and Resources should eliminate the Geothermal program of EPB, reduce EPB resources by 10% of the 1985-86 levels and amalgamate EPB with GSC. In addition Management was requested to consider restructuring the 'new' GSC into four multidisciplinary organizations. Senior Management made the decision to plan and implement these changes as quickly as possible in order to minimize disruption of staff. The substance of all these requirements was put into place on April 1 1986.

As a result of these changes, the Earth Physics Branch as examined by the Geoscience Council of Canada Review Committee, no longer exists. However, all components of the former EPB are now included in the Geological Survey of Canada. Responses to the recommendations of the CGC Review Committee are therefore couched in terms of the role of geophysics and geophysical programs within this new structure.

RECOMMENDATIONS

1. **the EPB be recognized as the centre for the development in the government service of the science of geophysics;**

   This role has now been taken by the Geological Survey of Canada. In recognition of the importance of maintaining national geoscience data bases and national geophysical programs, a Geophysics Division has been established. This has as its role the maintenance of national observatory networks and data bases in seismology, geomagnetism, gravity and geodynamics, the conduct of research in solid earth and global geophysics and the provision of geophysical laboratories for instrument development and maintenance. To promote and enhance the science of geophysics within the GSC, the position of Chief Geophysicist has been created with the specific task (among others) of 'developing policies and procedures to foster excellence in geophysical research in GSC' and to advise the Director-General on all aspects of geophysical operations within the organization.

2. **adequate mechanisms of linkage and mutual cooperation among groups working on geophysics and geodesy be set up and maintained.**

   The Review Committee addressed in detail a number of aspects of liaison between EPB and other agencies. The amalgamation of EPB and GSC and the reorganization into four multidisciplinary units has considerably strengthened many former linkages, principally in the direction of organizationally bringing together geophysicists and geologists to consider common geoscientific problems and goals. At the same time, it is recognized that scientific effectiveness in geophysics is highly dependent upon close communication and interaction so that the bulk of the previous EPB groups and activities in Ottawa remain physically co-located at the Observatory campus. Discussion of further consolidation, such as moving aeromagnetic surveys to Observatory campus, is under way.

   External linkages remain strong and will continue to be strengthened wherever possible (e.g. USGS — Great Lakes Seismic Experiment; University of Toronto — MOSES electromagnetic method, LITHOPROBE; Industry — seismic refraction instrumentation, remotely operating vehicle (ROV), SeaBed II). On the specific linkage of geophysics and geodesy that was recommended by the Review Committee, management believes that the common use of equipment and the pursuance of joint programs ensure that the amalgamation will have little deleterious effect of the close working relationships between the Geodynamics Unit of the Geophysics Division and the Geodetic Survey. As an example, in 1986, a major joint survey will take place on Vancouver Island to determine strain in areas which have high earthquake potential.

3. **"Geophysical Observatory of Canada" as a name which would properly convey the role and scope of the organization.**

   Various variations on this theme were discussed at length during reorganization but it was decided that 'Geophysics Division' best fitted the role of this new unit in GSC. All other geophysical activities are subsumed in the name 'Geological Survey of Canada'.

4. **The addition of the clause (to the Resources and Technical Surveys Act): The Minister shall have the control, management and administration of any geophysical observatories maintained by the Government of Canada.**

   An examination of the usefulness of such a change and possible areas of conflict with the National Research Council over the definition of 'geophysical observatories' will be when the Act is reopened for other purposes.

5. **That the EPB take steps to increase its visibility through such means as publications in non-technical professional journals and regional conferences on topics of popular interest in geophysics.**

   The changes brought about by reorganization have been recognized as requiring an increased effort in the field of public relations to ensure that they are not seen as a reduction in quality of geophysical operations and research within the Federal Government. Two new activities in this field are the production of a Canadian Geophysical Atlas (a series of small scale, digitally compiled, geophysical maps) and a volume entitled 'The Geophysical Framework of Canada'. Both will be coordinated by the Chief Geophysicist and produced by the GSC. A new edition of the popular booklet 'Looking Inside the Earth' is in production as well as a series of Fact Sheets on earthquakes. Two videos for general distribution on 'The Juan de Fuca Ridge' and 'Earthquake Risk' are also in progress.

6. **That the mandate of the EPB be interpreted to include those areas of basic research which, while not strictly involved with the solid earth geophysics of Canada's landmass, are essential to the proper understanding of geophysical processes within it.**

   The GSC (particularly within the new Geophysics Division) will continue with available resources to undertake broadly based studies in support of geophysical studies of the solid earth and its processes.

7. **That when EPB is requested to take part in missions of national priority, additional person-years be made available.**

   GSC will maintain its awareness of the dangers of devoting too many resources to short term missions at the expense of longer term knowledge-base programs. It will continue to strike a balance between these conflicting demands on its services wherever possible and to request extra PY whenever it feels basic activities are threatened in this way.

8. **Therefore a much more positive attempt (be made) to recruit PDF's in Canada and abroad, with appropriate representations to the Public Service Commission to relax the restrictions on the recruitment of the latter.**

   The GSC will continue to make every attempt through direct contacts and international advertising to attract PDF's. Representations have been made to the appropriate Agencies in the recent past with regard to the nationality quota with little effect.

9. **That the EPB, as the centre of solid-earth geophysics in the federal government system, take an active part in promoting the study of geophysics as a career and enlarge its program of hiring summer students.**

   Present conditions in the exploration industry do not provide encouraging career prospects for geophysics. However, through close contacts, university graduate student supervision by GSC staff and through participation in such major geoscience thrusts as LITHOPROBE, the GSC is active in promoting the science. The hiring of summer students for geophysical activities is limited by the government programmes in place and the availability of supervision, space and resources. The maximum use of COSEP, COOP, Challenge 86 programs and operating funds has been made. In mid 1986 there were 298 'summer' students employed in the GSC of which an estimated 20 were specifically involved in geophysical activities. The government-wide implementation of programs of restraint and down-sizing do not offer any prospect of increases in the size of these programs.

10. The continuation and expansion of this program (of funding higher education) in areas of severe shortage of trained persons with higher degrees.

At present there are two persons on this program. One is in the Ottawa Geophysics Division and the other at the Pacific Geoscience Centre. Due to restraints on resources there are no plans to continue the program in the immediate future.

11. The re-establishment of the Division of Geomagnetism within the EPB at Ottawa.

Government down-sizing together with strong organizational constraints strictly limit the number of Divisions possible within the GSC. However, the management of the Geophysics Division accepts and recognizes the need for continued emphasis on providing leadership in geomagnetic studies.

12. Increasing emphasis on the two-way temporary exchange of scientific staff.

The Branch will pursue this activity but recognizes that there are limitations on professional development leave within the present Public Service. University staff and other visiting scientists on sabbatical leave will continue to be hosted whenever space and resources allow. The merger of EPB into a larger organization should provide a more comprehensive framework for this activity and provide a greater range of opportunities for internal movement.

13. That the joint venture form of cooperation between the EPB and industry be explored as a means of technology transfer, as an addition to the usual contractual relationship.

This is being pursued in several areas (eg. gravimeter development — Scintrex; airborne gravity — Nortech; seismic refraction instruments — EDA). Although this activity is rewarding, the Branch remains aware of the dangers of preferential treatment in the private sector.

14. That a committee, of similar structure to the present Review Committee but with the addition of representation from mining geophysics, be established to have on-going missions of assisting the Branch to develop programs and review progress.

The principle of establishing an external Advisory Committee to the GSC for Geophysics has been accepted and invitations will be issued in late 1986. Representation from industry, universities and international agencies will be sought. In recognition of the present difficulties in the exploration industry, a sub-Committee on airborne geophysics will be suggested for immediate establishment.

15. That the highest priority in recruitment be given to the following

Research scientists
— Geomagnetism (with broad outlook and leadership)
— Modern geodynamical techniques
— Seismic reflection interpretation
— Interpretational geodynamics

Physical scientists (in order of priority)
— routine seismogram analysis
— strong-motion seismology
— geothermal laboratory

In general, these recommendations corresponded with Branch priorities before amalgamation. However, senior research scientists in many fields have proved very difficult to recruit. A scientist in reflection seismic interpretation has recently joined the staff and attempts are being made to increase physical scientist recruitment and to provide assistants for routine seismogram analysis.

16. The changeover from analogue to digital recording in the seismograph network be accelerated, stations in the Arctic be restored to their former status, and senior seismologists be freed from routine record analysis, with the use of summer students, when possible, for the latter:

The changeover to Canadian Digital Seismograph (CANDIS) is being carried out as quickly as possible given current resources and in the light of demands for the development of instrumentation for other programs. Pending new funding currently being sought, a CANDIS network will be deployed by 1989.

Given present resource constraints and improvements in digital and communications technology, it is not realistic to restore Arctic stations to their former status.

To ensure relevance and data quality, management feels that while assistance is necessary, senior scientific staff should not be isolated from routine data acquisition.

17. **The strong-motion seismic network (including free-field instruments) be fully incorporated into the EPB activity, with appropriate resources in instruments and personnel.**

This has been completed.

18. **Planning be given to the format for distributing seismic information from digital seismographs, to the public and to World Data Centres, with consideration of including analogue playbacks resembling the present short, and long, period seismograms.**

Planning on this is in progress with the intention of continuing to make a representative selection of information available in analog form. On request, analog records for any specific event will be produced.

19. **Regional conferences for non-scientist audiences on topics of popular interest in geophysics (for example earthquakes and their effects) be held.**

An evening public seminar on earthquakes held a few years ago at the Provincial Museum in Victoria was extremely popular. Discussions will be held with the Museums and academic societies in Ottawa to determine if similar events can be arranged for the winter of 1986-87.

20. **More use be taken of opportunities to determine heat flow in the course of investigations where temperatures are measured.**

As a result of the Government decision of December 1985, the geothermal unit was disbanded. However, GSC scientists will continue to make maximum geothermal use of 'holes of opportunity' (to the limit of available resources) where they can be fully documented. Although many temperature measurements exist from many sources, determination of heat-flow requires the measurement of a number of other parameters which are not always directly or easily available.

21. **Heat flow studies in the Cordillera be consolidated into the PGC program.**

The PGC heat flow program is now fully integrated into multi-disciplinary studies at PGC. Geothermal energy programs have been terminated but Branch permafrost programs are regarded as most usefully based in Ottawa where they are now part of the Terrain Sciences Division. Any activities concerning heat flow in the Cordillera are coordinated with PGC wherever possible.

22. **The regional gravity program be modernized and accelerated to meet the needs for the determination of the geoid with sufficient resolution to permit the use of the information available from the Global Positioning System (GPS) for more accurate vertical control.**

Developments within the gravity program (airborne gravity, satellite gravity, absolute gravity) are being specifically geared to new positioning technology. Collaboration with the geodynamics program (where calibration and testing of two GPS systems under field conditions and comparison with astronomically determined positions is being carried out) and the Geodetic Survey is increasing. A major contract for gravity surveys in the Yukon in 1986 will use GPS for station positioning for the first time. Increased funding for the gravity/geodynamics program is being sought.

23. **Consideration be given to coordinating the work in geophysical instrumentation in an interdivisional section.**

Where there is a clear common interest (ocean bottom instrumentation, data telemetry) joint instrumentation 'project' groups have been established. In general, however, dedicated technical groups in close contact with the scientists using the data are regarded as the most efficient structure. Under the new amalgamated organization, the majority of geophysical instrument maintenance and development will be carried out at the Blackburn Laboratories of the Geophysics Division. Consideration is being given to mechanisms and organizational linkages that will ensure that all geophysical instrument maintenance and development wherever it occurs within the GSC, will be fully coordinated.

24. **Joint committees of active workers in fields of mutual interest be established with the GSC, particularly in paleomagnetism, crustal studies and other areas, as needed. These committees should be free of bureaucratic restrictions and should concentrate on the discipline involved and on the means to optimize complementary or joint programs.**

A number of formal and informal committees and working groups for joint programs such as Lithoprobe and Frontier Geoscience, LOREX, Boundary Studies and Nuclear Fuel Waste Management have been established as appropriate. The inclusion of crustal studies and paleomagnetism in the new Lithosphere and Canadian Shield Division and permafrost in Terrain Sciences, ensure that liaison with former GSC groups is now greatly enhanced. A series of internal regional workshops (eg. eastern and Appalachian studies) have been planned to increase and promote close geological-geophysical interaction.

25. **The amount allocated to the EPB under the Department's Capital Acquisition Replacement Plan (CARP) be increased to $4 million per year.**

Funds for the upgrading of the Yellowknife Seismological Station and Array have been approved at a level of $0.525M in 1986/87, $1.68M in 1987/88 and $0.265M in 1988/89. This is in addition to CARP levels of $2.346M, $2.466 and $2.562 already approved for years 1986-1989 respectively. This represents a four-fold increase compared with capital budgets prior to 1984/85.

26. **EMR's program of Research Agreements be refinanced to a level of purchasing power at least equivalent to that at the introduction of the program in 1970, with allowance for future inflation.**

Implementation of this recommendation is not possible at the Branch level without damage to the present A-base operating levels. Administration of this program is now carried out by the Earth Science Sector; increased funding has been requested from Treasury Board in the recent past but turned down.

REPORT OF THE REVIEW COMMITTEE ON THE EARTH PHYSICS BRANCH

EXECUTIVE SUMMARY

a) General

(i) Our two principal conclusions, which provide the context for all of our detailed evaluations, are that:

- **a governmental organization devoted specifically to comprehensive research in geophysics and its application is vital to Canada; and**
- **the Earth Physics Branch within the Department of Energy,Mines and Resources, is the only organization that fills this role.**

The arguments leading to these conclusions, which are developed within our report, are based on considerations both of the general role of governmental scientific organizations and their relationships to industry and universities, and of the optimum organizational structure in the specific, but very broad and interrelated, areas of science known as geoscience. Without repeating the full arguments here, we state our opinion. First, governmental institutions are vital when irreplaceable national assets such as the geoscience data bases are involved. Secondly, to remain in the forefront of the rapidly advancing field of geophysics, the institution must have the autonomy and mandate to balance fundamental research and applications.

(ii) For historical reasons, activities related to geophysics and geodesy have developed in a number of government agencies, to whom certain applications are particularly important. There is a danger that some groups will not keep up with modern techniques and concepts in these sciences. The Committee takes the view that scientific effectiveness, including the best use of scientific manpower and apparatus, would have been optimized if all of the activities of the federal government in pure and applied solid-earth geophysics (seismology, geomagnetism, gravimetry, geothermal studies and geodynamics) and geodesy had been the responsibility of the EPB.

To ensure the effective exploitation of geophysical knowledge in carrying out the responsibilities of EMR, we recommend that:

1. **the EPB be recognized as the centre for the development in the government service of the science of geophysics; and**
2. **adequate mechanisms of linkage and mutual cooperation among groups working on geophysics and geodesy be set up and maintained.**

(iii) From our own investigations and the results of the survey, we conclude that the EPB is fulfilling very well its service role to Canadian scientists in government institutions, industry and universities and to foreign scientists. We are, however, most concerned with the lack of visibility of the branch, and recognition of it as a separate organization. This was particularly evident, for example, in the returned questionnaires from the petroleum industry. The Committee concludes therefore, that **a change in name** is a matter of high priority. To many people, the term "Earth Physics" conveys a different meaning than "Geophysics". Also, people outside of the government find the term "Branch" confusing. For many decades, the present EPB maintained an enviable national and international scientific reputation under the name Dominion Observatory. We recommend:

3. **"Geophysical Observatory of Canada" as a name which would properly convey the role and scope of the organization.**

At an opportune time, the relevant act dealing with the Department should be amended. We recommend:

4. **the addition of the clause: The Minister shall have the control, management and administration of any geophysical observatories maintained by the Government of Canada.**

Enhanced visibility will not come from a change in name only. It will require a positive approach by the Director General and members of the staff in a number of directions which are mentioned later in this Report. Therefore, we recommend:

5. **that the EPB take steps to increase its visibility through such means as publications in non-technical professional journals and regional conferences on topics of popular interest in geophysics.**

(iv) The mandate of the EPB, within the Earth Sciences Sector of EMR, is to provide the solid-earth geophysical information necessary for the understanding and management of Canada's landmass including the offshore areas, from the point of view of both natural resources and natural hazards. While this mandate is appropriate, if interpreted broadly, we feel that there is persistent danger of too narrow an interpretation. As mentioned in our first Conclusion above, it is vital in geophysics to remain in the forefront and this can only be done by devoting an adequate portion of the program to fundamental research. In a country in which geoscience plays such a vital role, it is completely illogical that the governmental organizations devoted to this field are not encouraged to pursue fundamental studies to the extent that the National Research Council (NRC) does in such areas as physics and astronomy. Secondly, because of the unity of the geophysical study of the earth and its environment and of the

growing recognition of complex interrelationships within the sun-earth system, **it is most important that the term "solid-earth" not be allowed to unduly restrict the scope of the research.** This is imperative in the fields of both geomagnetism and geodynamics. Thirdly, the interpretation of the mandate must take into account the essential international character of the geosciences and the responsibility of all countries to contribute, to the extent of their scientific capability, to a global pool of knowledge. The submission of seismological, gravimetric and geomagnetic data to world data centres is one aspect of this responsibility, which we conclude is being well handled by the EPB. The encouragement of Branch scientists to take part in international commissions and fora of many kinds is an aspect which should not suffer under a narrow interpretation of the mandate. We recommend therefore:

6. **that the mandate of the EPB be interpreted to include those areas of basic research which, while not strictly related to the solid earth geophysics of Canada's landmass, are essential to the proper understanding of geophysical processes within it.**

(v) The EPB has a long tradition of successfully balancing research with a service role, for example, in providing the seismograph service and information on seismicity. Because of the central role played by geophysics in special national missions, such as the distribution of permafrost and the disposal of radioactive waste, it was proper that the EPB, because of its unique competence, take a leading role in these programs. The Branch has become increasingly involved, often with an extensive contract monitoring function.

Good science is involved, and the new links with industry and universities that are being developed are contributing to significant and important technology transfer. However, the effectiveness of individual scientists and of the Branch as a whole can be maintained only when adequate resources of scientific manpower are made available to these special missions. Without such resources, the Branch would place its entire program in jeopardy if it addresses any additional special tasks. We recommend:

7. **that when the EPB is requested to take part in missions of national priority, additional person-years be made available.**

(vi) We have been impressed by the contributions to the work of the EPB that have been made in recent years by post-doctoral fellows (PDF's). This is particularly evident in the list of publications, where authorship or joint authorship by PDF's is very evident. Being relatively free from routine administration and coming recently from a university environment, the post-doctoral fellow can do much to stimulate the research environment. It is unfortunate that their number is not greater. We perceive two reasons for this. The first is the unnecessarily strict rule of the Public Service Commission on the offering of fellowships to non-Canadians (1 for every 2 Canadians), at a time when very few Canadian Ph.D's in geophysics are available. But this is intensified by the second reason, which is the lack of visibility of the EPB research program in Canadian universities. We recommend:

8. **therefore a much more positive attempt to recruit PDF's in Canada and abroad, with appropriate representations to the Public Service Commission to relax the restrictions on the recruitment of the latter.**

(vii) The Committee is well aware of the small number of Canadian graduates in geophysics, a condition that continues to produce shortages of trained personnel in industry and in universities. We recommend:

9. **that the EPB, as the centre of solid-earth geophysics in the federal government system, take an active part in promoting the study of geophysics as a career and enlarge its program of hiring summer students.**

The committee endorses the decision of the EPB announced in 1984, to employ a limited number of persons with bachelor degrees and to subsequently finance their graduate studies, and further recommends:

10. **the continuation and expansion of this program in areas of severe shortage of trained persons with higher degrees.**

(viii) We find that geomagnetism has suffered a particular loss of visibility and fragmentation within the EPB, and we consider this regrettable. As we note in our report, the oldest antecedent organization from which the EPB devolves was a magnetic observatory. There are also compelling reasons from the forefront of geophysics to maintain an integrated group in geomagnetism. The geomagnetic field cannot be arbitrarily divided at the earth's surface, since externally-produced disturbances interact with the internal field, and induce electric currents in the earth. The present structure in the EPB tends to separate the areas of observatory operation, magnetic charts, induction studies and paleomagnetism, with a high probability that some aspects of the science will fall in between. We note that one recommendation of a previous ad hoc committee, that research in the morphology of magnetic disturbances be strengthened, has been glaringly overlooked. This occured at a time when the importance of geomagnetic effects in such divergent areas as climate change (a national program) and pipelines through the auroral zone are being recognized.

We are aware of the immediate constraints, at the time of the restructuring of the Pacific Geoscience Centre, which led to the reorganization, but

we conclude that the vigour and adequacy of the EPB to address geophysics would be improved if geomagnetism were given divisional status. Therefore, we recommend:

11. **the re-establishment of the Division of Geomagnetism within the EPB at Ottawa.**

(ix) The links with universities and with industry have been mentioned above. While we note an encouraging number of joint research projects with Canadian universities, we recommend:

12. **increasing emphasis on the two-way temporary exchange of scientific staff.**

One aspect of relations with Canadian industry for which the EPB is to be commended is the transfer of technology for the manufacturing of instruments, as in the case of magnetometers and automatic magnetic observatories. An excellent possibility now exists with the simplified seismic refraction data acquisition system, particularly if LITHOPROBE funding will provide for a substantial initial order. In the future, developments in absolute and relative gravimetry may be possible. We recommend:

13. **that the joint venture form of cooperation between the EPB and industry be explored as a means of technology transfer, as an addition to the usual contractual relationship.**

(x) To ensure that there is adequate external input into the program of the Branch, we recommend:

14. **that a committee, of similar structure to the present Review Committee but with the addition of representation from mining geophysics, be established to have on-going missions of assisting the Branch to develop programs and review progress.**

Individual membership on this committee should rotate after three years. In general, the committee should meet once a year, although when special problems arise it could be asked to meet more frequently. The committee will require adequate secretarial support like this Review Committee.

b) Specific Recommendations

Staff Priorities

We have taken the view that it is unreasonable to recommend a great increase in the size of the scientific staff, at a time of government restraint. But retirements provide vacancies, and new programs such as Frontier Geoscience offer the opportunity for additions, so that it is important for the EPB to have priorities. We recommend:

15. **that the highest priority in recruitment be given to the following.**

- Research scientists:
  - — Geomagnetism (with broad outlook and leadership)
  - — Modern geodynamical techniques
  - — Seismic reflection interpretation
  - — Interpretational geodynamics

Some flexibility is required in assigning an order of priority among these four, because scientists with different backgrounds and interests are required, none of whom will be easy to hire on short notice. The recommendation for a senior scientist in geomagnetism is coupled to our recommendation (#11) that the Division be re-established. Developments of new technologies to measure crustal stress and strain make it urgent that the EPB's expertise on these techniques be strengthened so that opportunities to take advantage of them will not be missed; this is a stage which should precede further interpretational research in geodynamics. There is at present an urgent demand to strengthen the departmental expertise in seismic reflection interpretation, related to the Frontier Geoscience Program and to LITHOPROBE; and it will be very useful and desirable to develop closer collaboration and the exchange of technology with the petroleum exploration industry.

- Physical scientists (in order of priority)
  - — Routine seismogram analysis
  - — Strong-motion seismology
  - — Geothermal laboratory

In addition, we recommend that:

16. **The changeover from analogue to digital recording in the seismograph network be accelerated, stations in the Arctic be restored to their former status, and senior seismologists be freed from routine record analysis, with the use of summer students, when possible, for the latter;**

17. **The strong-motion seismic network (including free-field instruments) be fully incorporated into the EPB activity, with appropriate resources in instruments and personnel;**

18. **Planning be given to the format for distributing seismic information from digital seismographs, to the public and to World Data Centres, with consideration of including analogue playbacks resembling the present short period and long period seismographs;**

19. **Regional conferences for non-scientist audiences on topics of popular interest in geophysics (for example earthquakes and their effects) be held;**

20. **More use be taken of opportunities to determine heat flow in the course of investigations where temperatures are measured.**

21. **Heat flow studies in the Cordillera be consolidated into the PGC program;**

22. **The regional gravity program be modernized and accelerated to meet the needs for the determination of the geoid of sufficient resolution to permit the use of the information obtainable from the Global Positioning System (GPS) for more accurate vertical control;**

23. **Consideration be given to coordinating the work in geophysical instrumentation in an inter-divisional section;**

24. **Joint committees of active workers in fields of mutual interest be established with the GSC, particularly in paleomagnetism, crustal studies and other areas, as needed. These committees should be free of bureaucratic restrictions and should concentrate on the discipline involved and on the means to optimize complementary or joint programs;**

25. **The amount allocated to the EPB under the Department's Capital Acquisition Replacement Plan (CARP) be increased to $4 million per year; and**

26. **EMR's program of Research Agreements be refinanced to a level of purchasing power at least equivalent to that at the introduction of the program in 1970, with allowance for future inflation.**

1 THE COMMITTEE: APPOINTMENT, MEMBERSHIP, TERMS OF REFERENCE

The Review Committee was appointed in 1984 by Dr. W.W. Hutchison, Assistant Deputy Minister, Earth Sciences Sector, Department of Energy, Mines and Resources, from a list of names proposed by the Canadian Geoscience Council. The latter acted on the advice of the Canadian Geophysical Union.

The members of the Committee, and their affiliations, are:

- Professor George D. Garland, Department of Physics, University of Toronto, Toronto, Ontario (Chairman).
- Dr. Gérard Lachapelle, Vice President, Research and Development, Nortech Surveys Inc., Calgary, Alta.
- Professor Otto Nuttli, Department of Geophysics, St. Louis University, St. Louis, Mo.
- Professor R. Doncaster Russell, Department of Geophysics and Astronomy, University of British Columbia, Vancouver, B.C.
- Dr. John H. Sass, U.S. Geological Survey, Flagstaff, Arizona.
- Mr. Peter J. Savage, PanCanadian Petroleum Ltd., Calgary, Alta.

At the first meeting of the Committee, Mr. Kenneth Wing, Program Evaluation Branch, Department of Energy, Mines and Resources, was appointed Secretary.

All members of the Committee were familiar with the work of the Earth Physics Branch (EPB), and five had served as members (or alternates) of the previous Ad Hoc Visiting Committees in specific fields. These members were: Lachapelle (Canadian Gravity Mapping Program); Garland (Magnetic Observatories and Variation Stations); Nuttli (Canadian Seismograph Networks and Seismicity and Seismic Risk Studies); Russell (Geomagnetic Charts and Interpretation); and Sass (Geothermal Studies). The Ad Hoc Visiting Committees work will be discussed in Section II.

The Terms of Reference for the Committee have been described in EMR's Evaluation Assessment Report. They are as follows:

a) Object

To review the activities of the EPB in order to:

(i) assess the relevance and adequacy of its objectives, the design of the operations, the effectiveness and efficiency in meeting the goals, the intended and unintended impacts of the program and alternative means of delivering the program;

(ii) recommend changes that may be necessary to best respond to the needs of the Canadian government and the clients of the Branch.

b) Report

The Committee will submit its report and recommendations to the senior management of the Department through the Assistant Deputy Minister for Earth Sciences. No report, oral or written, on the recommendations and findings shall be made public until agreement has been reached between the CGC and the Department of Energy, Mines and Resources.

c) Items to Evaluate

The specific objectives for this review include the following:

(i) determine whether the objectives and activities of the EPB are reasonably linked with the legal mandate of the Department, and whether the lack of a formal, explicitly stated mandate is hindering the EPB in conducting basic geophysical research;

(ii) examine the operations at the EPB with a view to determining whether the program objectives are being achieved and whether the overall balance is correct and responsive to needs;

(iii) determine the effectiveness of all the outputs of the Branch in meeting the needs of the clients and conduct a survey of users, assisted by the Program Evaluation Branch;

(iv) examine the resources, fiscal and personnel, of the EPB as to their adequacy to support the programs that it has conducted and should have been conducting;

(v) examine the linkages between the EPB and its clients, the Geological Survey of Canada, the Surveys and Mapping Branch, the National Research Council, other government departments, the provinces, mining and petroleum companies, other industry, consultants, universities and international agencies;

(vi) determine whether there is enough external input in deciding on the program of work at the EPB and how this outside influence can be beneficially incorporated;

(vii) determine whether there are better ways of achieving some of the results of operations at the Earth Physics Branch.

d) Selection of Members

The Committee will be appointed from a list of nominees, who have agreed to act, nominated by the Chairman and Executive of the Canadian Geophysical Union and approved by the President of the Canadian Geoscience Council. The Committee should have a broad coverage as regards geophysical disciplines and diversity of organizations. The appointment of five or six members will be made by the Assistant Deputy Minister for Earth Sciences, with the concurrence of the President of CGC, the Director General of the Earth Physics Branch and the Director of the Program Evaluation Branch.

e) Liaison with the Department of Energy, Mines and Resources

A secretariat will be provided by the Program Evaluation Branch, and a representative from that Branch will be a member ex officio of the Committee. The EPB will assign a person to assist the committee in obtaining any information it may require from the EPB.

II THE SEVEN CHARGES TO THE COMMITTEE

The Committee was directed, in its Terms of Reference (p.12) to address seven specific issues. Our conclusions and recommendations, as set out above, do address these issues, but it is appropriate here to summarize them as they relate to the specific charges:

(i) determine whether the objectives and activities of the EPB are reasonably linked with the legal mandate of the Department and whether the lack of a formal explicitly-stated mandate is hindering the EPB in conducting basic geophysical research.

We conclude in the foregoing Executive Summary [General — # (i), (iii), and (iv)], that the objectives and activities of the EPB are not only correctly linked with the mandate of the Department but also essential if it is to fulfill its responsibilities. We do, however, argue [General # (iv)] that this mandate be interpreted rather broadly, to provide an adequate and unified scientific approach, since too narrow an interpretation can indeed hinder basic research.

We recommend (#3) a change of name of the Branch to provide a greater public understanding of its function and we recommend (#4) that this be confirmed in the enabling act of the Department.

(ii) examine the operations of the EPB to determine whether the program objectives are being achieved and whether the overall balance is correct and responsive to needs.

The results of our examination led us to conclude that the objectives are being achieved and the program is responsive to needs. We do, however, note the very extensive involvement, in special national missions, of the Branch and some of its scientists and we recommend (#7) that an adequate provision of person-years be made whenever new missions arise.

(iii) determine the effectiveness of all the outputs of the Branch in meeting the needs of the clients and conduct a survey of users, with assistance from the Program Evaluation Branch.

The Survey was carried out, as described in detail in Chapter IV. One conclusion is that the quality of the outputs is very high. This is appreciated by virtually all users, in Canada and abroad. The scientists associated with the World Data Centres find the data from the EPB to be timely and of excellent quality. Again, the lack of visibility of the Branch was evident in responses, some users being unaware of the organization responsible for the production of the material they were using.

(iv) examine the resources, fiscal and personnel, of the EPB as to their adequacy to support the programs that it has conducted and should have been conducting.

There are fiscal implications in several of our recommendations, particularly the Specific Recommendations. For example, #16 of the latter recommends an acceleration in the conversion from analog to digital recording in the seismograph network. This will entail capital expenditures, but the long-term result will be a saving in station operating costs and staff time in reading records. Fiscal implications are therefore not simple. Similarly, Specific Recommendation #17 calls for the incorporation of the strong motion network into the EPB program. This will have fiscal requirements, but the activity has previously been carried by the NRC, which will realize a saving.

The Committee was impressed by the magnitude of the total capital investment of the EPB in instrumentation: observatory, field, research, etc., and in a period of rapidly improving technology. It will be essential to

budget for depreciation and renewal. The Department's Capital Acquisition Replacement Plan (CARP) should provide for this, but the amounts allocated appear to be far from adequate from the standpoint of accepted practice in depreciation allowances.

We were informed that the current replacement value of the EPB's capital assets (exluding buildings) is $20.75 million. If this were to be written off in 5 years, $4 million a year should be available for replacement. At present, only $2.2 million has been designated under CARP. We recommend (#25) an increase to $4 million per year.

In the case of personnel, we have already mentioned the impact of special missions on EPB activities, and the need for the allocation of adequate person-years. In Recommendation #15 we give our priorities for new staff, as positions become available. We also recommend (#8) that a more vigorous attempt be made to recruit post-doctoral fellows.

(v) examine the linkages between the EPB and its clients, the Geological Survey of Canada, the Surveys and Mapping Branch, the National Research Council, other government departments, the provinces, mining and petroleum companies, other industry, consultants, universities and international agencies.

The linkages are obviously manifold and of differing characteristics, but the Committee has examined, in varying degree of detail, all of the above. They are discussed in Chapter V.

In connection with other federal government organizations, we have looked for possible duplication of effort, and, conversely, for the adequacy of cooperation at the level of the working scientist. We note one restricted area of possible duplication (in geoid studies, with the Surveys and Mapping Branch). We recommend (#24) a closer collaboration between the EPB and Geological Survey of Canada in a number of areas where exchange of geophysical and geological insights is essential, and we propose discipline-oriented working groups in these areas.

With industry, linkages have perhaps been somewhat restricted, again by a lack of visibility, and in the case of the petroleum industry, by a lack of emphasis, by the EPB, on seismic reflection interpretation. The latter condition is changing, and is one of our priority areas for staff appointments. We note that the EPB has a record of technology transfer to industry, but we recommend a move toward a joint-venture type of cooperation.

With universities, we recommend (#12) further emphasis on two-way temporary exchanges of staff.

As for international linkages, we have noted the high regard in which the Branch outputs are held by the World Data Centres, and also the important roles taken by many scientists of the EPB in international geophysical organizations, and we conclude [Executive Summary-General # (iv)] that this is healthy for the development of the science in Canada.

(vi) determine whether there is enough external input in deciding on the program of work at the EPB and how this outside influence can be beneficially incorporated.

Between 1978 and 1981 the EPB was visited by a number of Ad Hoc Visiting Committees in specific areas (p.27). We believe that the external input provided by these committees was beneficial, as was the exercise of the Branch in responding to them. Between 1981 and the establishment of the present Review Committee there does not appear to have been an optimum level of input from the Canadian geophysical community as a whole, although the EPB has responded to national priority missions.

We recommend (#14) that an on-going committee similar in structure to the Review Committee be established to provide this external input.

(vii) determine whether there are better ways of achieving some of the results of operations at the Earth Physics Branch.

Many of our recommendations relate in some way to this charge. On the other hand, we recognize that in many cases (for example, digital seismograph recording) the Branch itself took early initiatives in the desired direction. None of our recommendations call for a drastic change in **modus operandi,** although we do recommend the re-establishment of a Division of Geomagnetism. Recommendations dealing with specific areas of science are as follows: Nos. 16, 17 and 18 deal with seismology, Nos. 20 and 21 deal with geothermal studies and No. 21 with the gravity program. Recommendation No. 8, on the greater employment of post-doctoral fellows, and recommendation No. 13, on joint-venture cooperation with industry, are both intended to lead to improved methods of achieving the aims.

Operation of the Committee

The Committee met for the first time in Ottawa on February 10, 1984. On this occasion, Dr. Hutchison summarized the Terms of Reference, and requested that the committee review how the Earth Physics Branch is doing under the headings:

- quality of the output
- strength and direction of the Branch
- cost-effectiveness of the operations
- strength and morale of the staff

Dr. W.D. Bennett, Director of Program Evaluation, EMR, described the evaluations carried out in other Branches of the Department and also noted the dual role of the Committee, with responsibilities to both the Program Evaluation Branch and the Canadian Geoscience Council. Dr. J.G. Tanner, Director General of the EPB, pointed out some recent trends in the emphasis within the Branch, in particular a shift from basic research to applications. He also noted the complex linkages between the EPB and other national and international organizations.

A draft questionnaire, to be distributed to a (survey) sample of users of the output of the Branch, was prepared by members of the staff. The Committee made a number of changes to the draft, then approved it. The Secretary arranged for translation, and the necessary technical review and formal approval by Statistics Canada. (The questionnaire is given in Appendix 1 of this Report).

At the same meeting, the Committee discussed in detail the construction of a mailing list for the questionnaire, as will be discussed below.

The Committee met next on April 12 and 13, at the Pacific Geoscience Centre, Sidney, B.C. Through the effective cooperation of the Director, Dr. R.D. Hyndman, the committee was able to visit all of the laboratories of the Centre, and interview individually almost all of the geophysicists on the staff.

Meetings were held in Ottawa, June 20 to 22. By this date, a considerable number of returns to the questionnaire had been received and Mr. K. Wing had carried out a preliminary analysis of these, which the Committee considered in detail. Most of the period was spent in discussion with members of the Branch staff, at both the Ottawa headquarters and the Blackburn Laboratory. In addition, the full Committee met with the Director General of the Geological Survey of Canada (GSC), Dr. Ray Price, and his senior staff. Individual committee members also had discussions with scientists of the Geodetic Survey and the National Research Council (NRC), on linkages to the EPB as they perceived them.

The Committee met again at the Branch on October 1 and 2, to consider additional responses to the questionnaire and to explore, with members of the EPB staff, specific matters which had arisen either in the responses or in the Committee's own deliberations. It then met in Calgary, November 8 and 9, to construct the outline of this report.

The operation of the Committee would not have been possible without the cooperation and very effective assistance provided by officers of the Department and of the Branch. In particular, we wish to acknowledge the provisions of Mr. Wing's services and the support given to him for the mailing of the questionnaires and the analysis of the responses. We also wish to acknowledge the unfailing assistance with travel and meeting facilities arranged by Dr. Tanner's office.

III BACKGROUND INFORMATION ON THE EARTH PHYSICS BRANCH

This chapter is intended to provide a background against which the present evaluation of the EPB program can be considered. It will include a brief historical summary, a discussion of the mandate of the Branch and an analysis of the Branch's responses to the previous Ad Hoc Visiting Committees.

a) History of the Earth Physics Branch/Dominion Observatory

The Earth Physics Branch is the direct successor to the Dominion Observatory, whose early history has been described by Don W. Thomson (Men and Meridians, Vol.2, pp. 223-224 and 262-268). The Observatory had its origins in the government's response to memoranda, including several from the Royal Society of Canada, through the 1890's urging that facilities in Canada be developed to provide proper astronomic and geodetic control for the extensive programs of land surveying and mapping then in progress. The response, in 1900, was the voting of funds for the commencement of the original observatory building and for the purchase of a 15-inch equatorial telescope. The title, Dominion Observatory, dates from 1905 when the new building was first occupied. While the original emphasis was undoubtedly on applied astronomy, especially the time service and longitude determinations, it is important to note that solid-earth geophysics was included in the program from the very beginning. This was a group, organized under Dr. Otto Klotz, which included seismology, terrestrial magnetism and gravity, three areas that have remained essential elements of the EPB program. Klotz acquired an international reputation in geophysics and his papers, particularly in seismology, are still quoted.

The thrust of the Dominion Observatory was modified in 1917, when the Geodetic Survey of Canada was separated from it and, in the same year, the Astrophysical Observatory in Victoria was opened, as a unit of the Dominion Observatory. These changes resulted in a shift toward fundamental astronomy, but the solid-earth geophysics programcontinued to expand. Seismology saw the beginnings of the national network of seismograph stations; terrestrial magnetism witnessed the mapping of the absolute vector of the magnetic field over the country; and gravity went beyond pendulum gravity measurements to pioneer studies of the earth's crust and isostasy.

In its earliest years, the Dominion Observatory did not acquire the institution which was the descendant of the oldest governmental earth science organization in Canada, the Toronto Magnetic Observatory. That observatory had been in operation since late in 1839 and had provided a virtually unbroken record of the time changes in the earth's magnetic field at its original site and later at Agincourt, Ontario. It eventually grew into the Meteorological Service of Canada and, as such, the new organization maintained responsibility for magnetic observatories until well into the twentieth century. With the eventual and proper incorporation of the magnetic observatory function into the geomagnetic program of the Dominion Observatory, the latter could indeed trace its roots to 1839.

In addition to fundamental studies in gravity, seismology and terrestrial magnetism including their implications for broad scale crustal structure, the Dominion Observatory participated, with the Geological Survey of

Canada and Canadian universities, in a pioneer investigation of applied geophysics. Because of a growing concern, as early as 1928, that unethical companies were misrepresenting the possibility of locating mineral deposits with "instruments", these organizations were asked to conduct impartial tests of magnetic, electrical and gravimetric methods over known structures. The leading scientists were J.B. Mawdsley of the GSC, A.H. Miller of the Dominion Observatory, L. Gilchrist of the University of Toronto and A.S. Eve and D.A. Keys of McGill University. Miller's torsion balance and magnetic surveys were classics. The results are still shown in textbooks. More importantly, the project led to an enhanced realization that the geophysical work of the Dominion Observatory had implications for the detailed study of the crust and its economic deposits, as well as for larger-scale investigations.

In 1970, responsibility for astronomy, including the time service and astrophysics, was transferred to the National Research Council. This change had great impact on the scope and even the name of the Dominion Observatory. Solid-earth geophysics then became the major component of the program, with two photographic zenith tube (PZT) observatories remaining. Since the PZT observations were considered to be primarily of terrestrial interest, rather than astronomic, they provided the Branch with its initial capability in the increasingly important field of geodynamics

The name Earth Physics Branch was chosen to replace Dominion Observatory after the reorganization in 1970.

The accompanying graphs indicate the EPB strength (including astronomy and time service before 1970) and budget, from 1959 to 1984. Similar graphs are shown for the GSC for comparison. Both the size of the staff and the constant dollar budget of the EPB show small declines in the years since 1971. The graphs have been plotted in ratio (or logarithmic) scales so that disproportionate changes between the GSC and the EPB appear as divergences from parallel curves. In 1964, the activities in limnology were transferred from the GSC to the Department of the Environment. In 1970, the time service and the astronomical activities went from the EPB to the National Research Council.

b) The Mandate

The statement of the overall objective of the Branch can be found in slightly different form in different places. The report of the Earth Sciences Sector for 1983-1984 states: "The EPB has a mandate to provide a solid-earth geophysics data and information service which is national in scope, but with important international ramifications". The Program Description set out in the program of the Department of Energy, Mines and Resources for 1984-1985 reads:

> Earth Physics: The provision of a comprehensive geophysical knowledge base on the framework, dynamic processes and hazards of the Canadian landmass and offshore areas; the operation of the national networks of geophysical observatories and the provision of geophysical standards.

Similar statements have appeared since 1970-1971, when reference to astronomy was removed.

We believe that the Program Description provides a workable mandate, provided it is not interpreted too narrowly. We emphasize the latter provision for several reasons. First, for a data base to be useful, intelligent decisions must be made on the data to assemble and the methods of obtaining them. This immediately implies that the staff of the organization have a high level of competence in geophysics, so that the organization **must** take on some aspects of a research institute. Secondly, geophysics by its nature is global in scope and even "solid-earth geophysics" is by no means bounded above by the earth's surface. The global character has both scientific and institutional ramifications. Thus, an earth scientist may have to join in the investigation of a problem involving conditions outside of Canada in order to gain insight into conditions within. If the investigation of tectonic processes elsewhere in the world, for example, leads to geodynamical conclusions which can be applied to understand the same process in Canada a scientist should not be discouraged from pursuing the research. The institutional ramification is that geophysics advances through uninterrupted contributions from many countries towards global observation programs, in geodynamics, gravity, seismology and geomagnetism. The compatibility of observations and data reduction and the regular provision of data to the World Data Centres are vital. They imply ongoing links between national institutes in different countries and with international organizations.

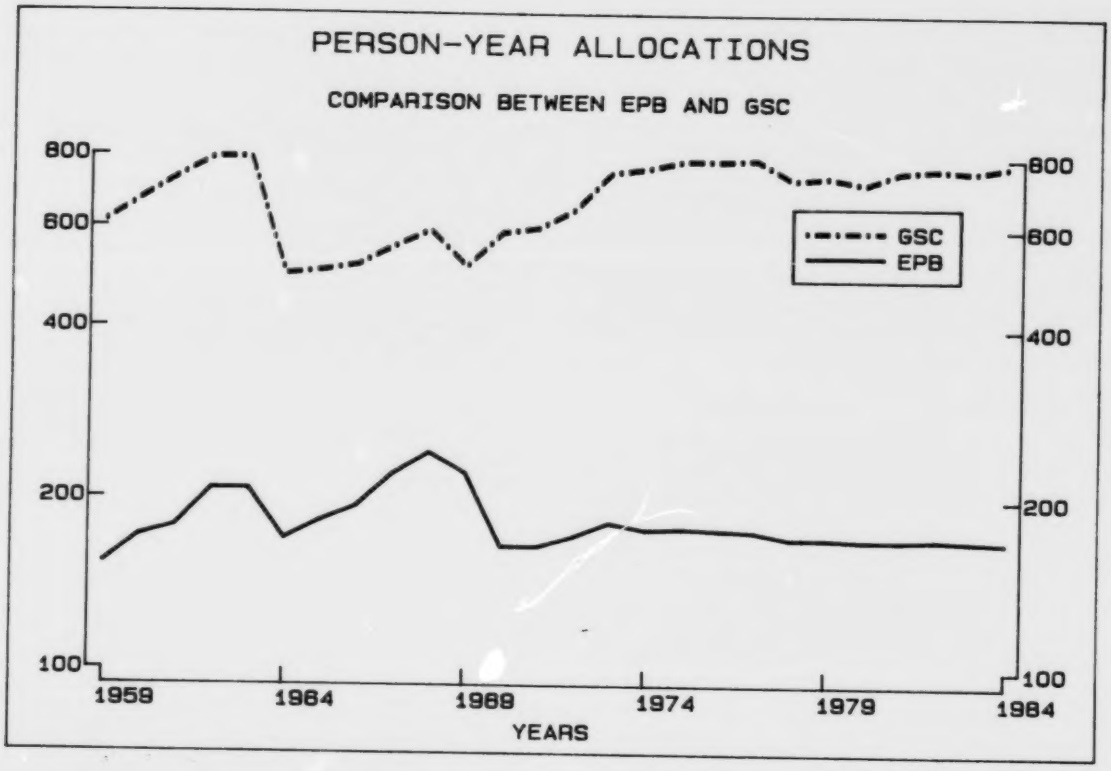
The point that "solid-earth" geophysics does not stop at the earth's surface is best illustrated by geomagnetism, where externally-generated fields have influences within the earth, and by modern geodynamics, where such techniques as satellite observation and long baseline radio interferometry have so much to contribute.

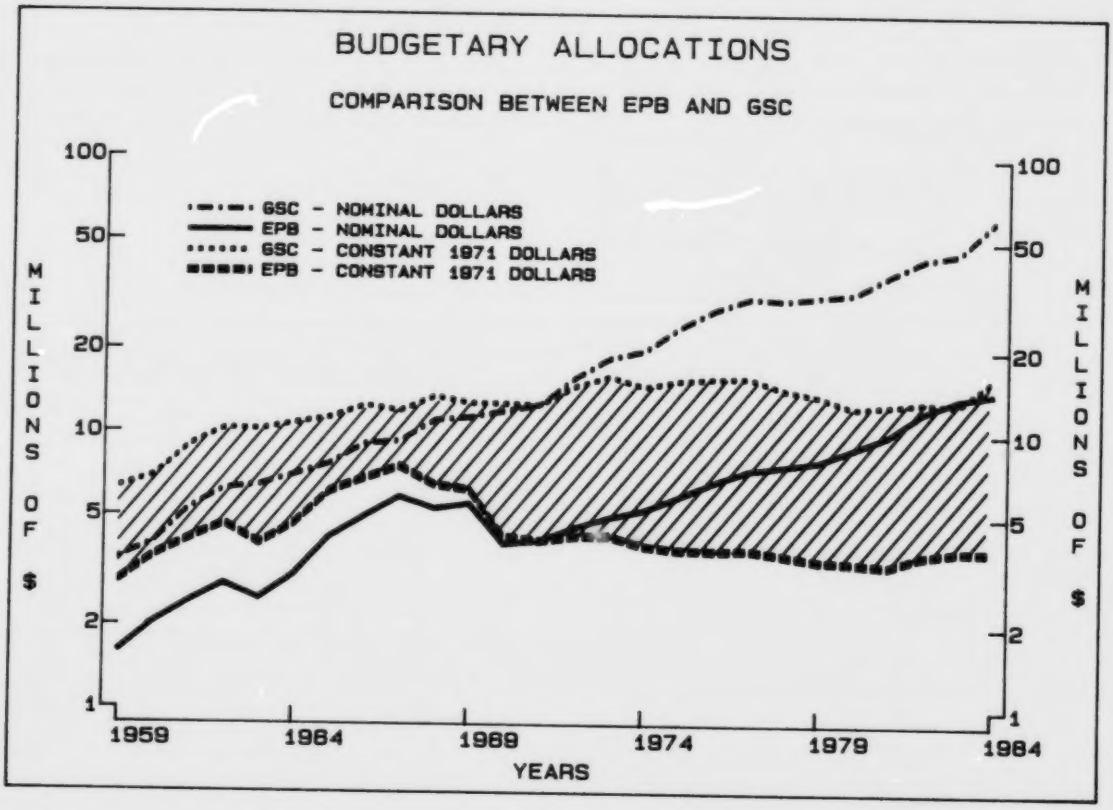
The mandates of the Department of Energy, Mines and Resources are also set out in various acts of Parliament. The Committee has noted that, before 1970, the Resources and Technical Surveys Act contained the clause:

> The Minister shall
> (e) have the control, management and administration of any astronomical observatories maintained by the Government of Canada.

With the transfer of astronomy to the NRC, this clause was removed. We believe that it would be appropriate, when the time is opportune to revise the Act, to reinstate a clause:

> The Minister shall
> have the control, management and administration of any geophysical observatories maintained by the Government of Canada.


PERSON-YEAR ALLOCATIONS
COMPARISON BETWEEN EPB AND GSC
800
600
400
200
100
GSC
EPB
1959
1964
1969
1974
1979
1984
YEARS


BUDGETARY ALLOCATIONS
COMPARISON BETWEEN EPB AND GSC
GSC - NOMINAL DOLLARS
EPB - NOMINAL DOLLARS
GSC - CONSTANT 1971 DOLLARS
EPB - CONSTANT 1971 DOLLARS
MILLIONS OF $
100
50
20
10
5
2
1
1959
1964
1969
1974
1979
1984
YEARS

c) The Ad Hoc Visiting Committees

Between 1978 and 1981, the major part of the program of the EPB was examined by seven Ad Hoc Visiting Committees. Since each committee dealt with a specific area of work and was composed of members with special interest in that area the examination was, in each case, carried out in depth. Although the passage of three to six years has changed the situation in some cases, (for example, through the restructuring in Ottawa and at PGC), we have found these committee reports and the responses of the Branch to them to be extremely useful. The committees' recommendations will be referred to later in this report, when specific activities are discussed, but it is appropriate to summarize here their conclusions and those recommendations which deal with major policy.

A conclusion common to the reports is that a major responsibility of the EPB, the operation of observatories (seismic and magnetic) and the provision of basic geophysical data, is being fulfilled competently and efficiently. Some of the reports call for an increased density of coverage, or for increased interpretation of the observations by EPB scientists. It is most unfortunate that, in certain cases, not only was the Branch unable to devote the resources necessary to respond to the proposals, but the situation has actually changed in the opposite direction. This happened, for example, to the recommendation by the Ad Hoc Visiting Committee on the Canadian Seismograph Networks, that stations in the Canadian Arctic be accorded higher priority. A second recommendation of the same committee dealt with free-field strong motion seismographs, and will be discussed later.

The Ad Hoc Visiting Committee on the Canadian Gravity Mapping Program, while also paying tribute to the effectiveness of the program, recommended, without further specification, that an additional $200,000 per year and three person-years be devoted to the work. As was the Branch, we are puzzled as to why this recommendation was made without detailed program proposals, but the whole question of the future of the gravity mapping program has become more complex for reasons of both need and technology, and will be discussed in detail. A major recommendation of the Ad Hoc Visiting Committee on Geodynamics Service was that "a geophysicist with both global dynamical and regional tectonic interests be appointed". We note that it has not been possible to accomplish this, and we reiterate that the matter is one of highest priority. The total involvement of the present staff with operational work, and with the planning required for new technologies, has led to a hiatus in the research of global significance which characterized the group in the early 1970's. The same Ad Hoc Committee also recommended closer liaison with the Geodetic Survey, a point to which we shall return.

The Ad Hoc Visiting Committee on Geothermal Studies dealt in detail with programs involving contract research and the procedures for the outside review of projects that should be supported. The role of contract research remains an important problem to be addressed.

Three Ad Hoc Committees dealt with the work of the former Division of Geomagnetism such as: magnetic observatories and variation stations, geomagnetic charts and interpretation, and paleomagnetic and electromagnetic induction studies. The situation has significantly changed in these areas, for example, with the disappearance of the Division a separate group in paleomagnetism at PGC was started. The latter development has caused us to look closely at relations and coordination between all groups in the field, a point raised by one Ad Hoc Committee. In some respects, notable advances have been made, particularly in the move to automation and contract supervision of magnetic observatories, which has permitted the magnetic observatory network to be kept intact. But, the first two of the above Committees, while high in the praise of the products (magnetic variation records and magnetic charts), strongly recommended a strengthening in the Branch's capability in associated basic research. We regret that the trend has, in fact, been in the opposite direction.

Many of the Ad Hoc Visiting Committees commented on linkages to universities, industry and to other organizations such as the Geological Survey of Canada. We have examined these linkages and will discuss them in Section V.

The Evaluation Assessment Report of the Department, in commenting on the Ad Hoc Committees, noted that the members themselves were, in some cases, not impartial to the EPB activity. It is difficult to know what more could have been done to overcome this criticism and, at the same time, ensure that the members be knowledgeable in the respective areas. Most committees included scientists from outside Canada and their overall composition, as regards members from universities, other government institutions and industry, was not dissimilar to the present evaluation committee.

IV SURVEY OF USERS

a) Purpose

The survey was carried out in the geophysical community. Essentially, the questionnaire asked:

1. how people use the output of the EPB;
2. how people view the quality of the work and the service of the EPB; and
3. what people think of the EPB's mandate and its program.

Many parties collaborated in preparing the survey questionnaire. The EPB and the Program Evaluation Branch of EMR produced the first draft which was then reviewed, modified and finally approved by the Committee. Statistics Canada gave the finishing touches by attending to the technical details of making the questionnaire a proper survey instrument.

b) The Survey Sample

The survey was conducted by mail; the questionnaire was sent to a stratified sample of users. The construction of the sample consisted of three stages:

1. compiling the master list of clients;
2. stratifying the list by category of user; and
3. randomly drawing subjects from each stratum in proportion to its population.

The master list was made up of other lists as follows:

1. several lists of users prepared by the EPB;
2. a list of members of the Canadian Society of Exploration Geophysicist (CSEG) provided by Mr. Peter Savage of the Review Committee;
3. a list of members of the Canadian Exploration Geophysicists' Society (KEGS) given by Dr. G.D. Garland;
4. a list of American users furnished by Dr. John Sass; and
5. a list of members of the Canadian Geophysical Union (CGU) provided by Dr. Adrian Camfield of the EPB.

The master list was purged of duplicates and non-users such as libraries and high schools. There were 1,732 users in this list. Each name on the list was classified into the following categories:

1. General engineering, insurance companies, general exploration;
2. Universities;
3. Federal government departments, Petro Canada and Crown corporations;
4. Geophysical instrumentation;
5. Mining consultants and contractors;
6. Mining companies;
7. International organizations, e.g. World Data Centres (WDC's);
8. Oil and gas consultants;
9. Oil and gas companies;
10. Provincial agencies or government; and
11. Utilities (e.g. power and telephone companies).

Our survey population was first stratified according to thecategories mentioned above. The subjects in each stratum were then picked randomly using a random number generator. Allowing for non-response, the Review Committee decided to have a sample size of 1,000. The numbers of subjects selected from the various strata are proportional to their respective populations. The result is a survey sample of 1,013, which represents the effect of rounding up. The sample size is adequate for all purposes.

If there was no response from a subject in the survey, standard statistical procedure was followed to select another person. The replacement was chosen at random from the same stratum.

The questionnaire was pre-tested to some extent. Eight users in Vancouver were interviewed to find out whether they had any difficulty in completing the questionnaire and to ascertain that the questions were interpreted as intended. These eight users together represented the following sectors: universities, utilities, mining and geoscientific consultants. The pre-testing showed that the questionnaire was well designed — all the interviewees rated it highly.

c) Results and Findings

(i) Profile of Respondents

Three-hundred and ninety people (i.e. 38% of the sample) responded to the survey; out of that number, 33 apologized for not being able to complete the questionnaire. According to sampling theory and the data collected, this response rate is adequate for drawing conclusions.

The sample is dominated by three groups: the oil and gas industry (at 43%), the universities (at 21%) and the mining industry (at 14%). Together, they account for almost 80% of the respondents. Table 4 C-1 shows the details:

Table 4 C-1 Categories of respondents

Category	*Number*	*%*
Oil and Gas Industry	155	43
Universities	75	21
Mining Industry (including geophysics instrumentation)	50	14
Federal Government (foreign countries included)	30	8
Geoscientific Consultants	19	5
Provincial Governments (foreign countries included)	15	4
Utilities	6	2
Other industries	4	1
International Agencies	3	1
TOTAL	357	98
		(2% rounding error)

Geographically, the clients of the EPB are dispersed worldwide. There were 303 (i.e. 85%) Canadians who responded, 36 Americans (10%) and 17 (5%) from other countries. Among the Canadian respondents, 153 (50%) are from Alberta, 45 (15%) from Toronto, 24 (8%) from British Columbia, 21 (7%) from Ottawa and 18 (6%) from Quebec. Considering the distribution of the survey population by industrial sector and by geography, the sample of respondents is indeed representative.

(ii) Service to Clients

The survey results show that the EPB has been serving the clients well. About 85% of the survey paricipants use the services of the EPB in one way or another. If the oil and gas sector is excluded, the proportion of users is well over 90% of the survey participants. People read the reports and publications of the EPB to keep up-to-date. The university community takes good advantage of the complete range of outputs of the EPB and uses them for

educational purposes as well. In the areas such as seismicity, geomagnetic field and gravity, the EPB collects and compiles basic observational data and is certainly regarded by the users as an authoritative source of data. Table 4 C-2.1 shows the distribution of survey participants by type of output and by industrial sector. Overall, the results of the gravity work are most widely used; about two-thirds of the surveyed subjects use them.

As regards the importance the survey respondents attach to the various products of the EPB, only about 150 (i.e. 40%) expressed their opinion. Between 5 and 15 people thought that the outputs of the EPB were not important. Therefore, most of the survey participants rated the outputs as important.

About 5 people mentioned that the EPB does not produce things on time, nor did they find the products reliable. However, the majority of the survey participants hold the EPB in high regard in matters of timeliness and reliability.

(iii) People's Awareness of the EPB in the Geoscience Community

One-hundred and twenty subjects cited their reasons for not using the outputs of the EPB; 56 people said that they were not aware of what the EPB produces and 48 felt that the outputs are not related to their work. The fact that these two groups of people are mostly from either the mining or the oil and gas industries betrays a significant ignorance of the federal government's effort in geophysics in the private sector.

Table 4 C-2.1 Respondents' utilization of EPB's output

Type of Output	Sectors					Total	
	Oil & Gas	Universities	Mining	Govern-ment[1]	Other Industries[2]	Number	Percent
Gravity	94	50	39	30	9	222	62
Earth Structure	55	57	28	30	10	180	50
Seismology	58	46	11	28	13	156	44
Marine Geophysics	72	37	17	20	6	152	43
Magnetic Field	45	36	39	21	7	148	41
Seismicity	32	49	14	30	21	146	41
Permafrost	47	14	14	15	7	97	27
Geodynamics	20	46	7	18	5	96	27
Geothermal	23	31	15	14	6	89	23
Geophysical Standards	27	15	27	10	2	81	23
TOTAL[3]	112	71	46	46	27	302	85

1. Federal, provincial and international agencies.
2. Utilities, geoscientific consultants and "other" industries.
3. The column totals do not equal the sums of the columns because the rows are not mutually exclusive. For example, if a respondent in the Oil and Gas Sector uses outputs in both gravity and seismicity, he or she is counted only once, not twice.

Table 4 C-4.1 Users' opinion on EPB's mandate

Activity	Sector				Other	Total	
	Oil & Gas	Universities	Mining	Governments	Industries	Number	Percent
I Conduct of Basic Research							
Approve	112	62	39	37	17	267	84
Disapprove	26	9	6	8	3	52	16
II Establishment of Field Standards							
Approve	102	55	36	42	18	253	82
Disapprove	30	11	11	3	2	57	18
III Conduct of Field Surveys							
Approve	78	57	24	36	10	205	66
Disapprove	54	13	23	8	8	106	34
IV Reduction and Interpretation of Field Data							
Appove	74	55	24	36	9	198	64
Disapprove	58	15	22	7	10	112	36

(iv) Users' View of EMR's Earth Physics Program

About 40 survey respondents did not express their opinion on what the EPB's mandate should be. Of those that did, 90% or more approve the following activities in the mandate:

- operation of observatories;
- preparation of national maps of geophysical data;
- maintenance of calibration facilities;
- maintenance of national data bases;
- issuance of warnings of geophysical hazards; and
- publication of data and information on the outputs of the EPB.

For the other activities, the proportions of people who approved are as follows:

- conduct of basic research, 84%;
- establishment of field standards, 80%;
- conduct of field surveys, 65%; and
- reduction and interpretation of field data, 62%.

Table 4 C-4.1 has the details.

By and large, the geophysical community approve the role of basic research for the EPB. However, most opponents felt that basic research should be conducted in collaboration with universities.

The opposition to the EPB establishing field standards is anomalous. People in industry and universities would like to work together with the EPB to set such standards.

The remaining two activities were strongly opposed, about a third were not in favour of the EPB undertaking the tasks. This puzzled the Review Committee. A great part of dissention came from the private sector, especially the mining and oil and gas industries. In fact, all of the field survey work under the EPB's direction is contracted out to geophysical companies. Moreover, most of the field surveys at the EPB are part of some national data grid. They are not prospecting surveys. The Committee conjectured that the respondents who opposed mistook the field surveys carried out by the EPB as prospecting ones. If that were indeed true, then the apparent opposition to these activities of the EPB's mandate is based on a misconception.

In summary, the users approve the mandate of the EPB, with the possible exception of the conduct of field surveys and the reduction and interpretation of such data.

(v) Suggestions for Improvement

Two-thirds of the survey participants did not submit suggestions. Of those that were put forth, the need for public relations stands out. In the words of one respondent, it is phrased thus: ". . . establish a public awareness program by advertising booths at geological and geophysical meetings, setting up a roster of speakers distributed to technical and non-technical organizations, universities to speak on 'popular topics'." Another popular proposal is to publish annually a short summary of projects in popular journals or magazines (e.g. Oil Week, the Northern Miner). There are four other suggestions each of which represents about 5% of the respondents:

1. merge the GSC and the EPB;
2. revive and improve the instrumentation work;
3. revitalize the EPB to spearhead modern developments in basic geophysical research, e.g. geodynamics; and
4. set up advisory committees to coordinate geophysical work between the EPB, industry and universities.

V LINKAGES BETWEEN THE EPB AND GOVERNMENT INSTITUTIONS, INDUSTRY AND UNIVERSITIES

One of the terms of reference of the Committee was to investigate linkages between the Branch and other federal government agencies, provincial governments, the private sector and universities. We have interpreted this analysis as dealing with a number of facets. First, it means determining how the EPB and its output are perceived by the other organizations. Secondly, it entails an examination of the mechanics of coordination in each case to find out whether it is optimum, or whether there is danger of duplication or lack of rapport. Our investigation has drawn upon both the results of the questionnaire and discussions with persons in the organizations concerned.

a) Other Federal Government Organizations

We have concentrated on three organizations: the National Research Council; the Geological Survey of Canada and; the Geodetic Survey, within the Surveys and Mapping Branch of EMR.

(i) The National Research Council

Interaction with the NRC is chiefly with the Division of Building Research in the fields of seismicity and permafrost research, the Energy Division in geothermal studies, and the Herzberg Institute of Astrophysics in geodynamical projects, particularly planning for the proposed Canadian Baseline Array.

Interaction in seismicity is primarily concerned with the network of strong motion seismographs. The primary purpose of these is for establishing ground motions during major earthquakes. These ground motions are, in turn, used for modelling responses for structures in an attempt to perfect designs for structures resistant to earthquake damage. The strong motion instruments trigger at an acceleration of about 1 percent of "g" and make a short record of ground motions.

At present, the Earth Physics Branch assumes responsibility for the stations in western Canada, while the National Research Council assumes responsibility for those in eastern Canada. There is an agreement in principle to the effect that the Earth Physics Branch should take over full responsibility for the network. In June, 1984, this agreement had not been implemented.

The committee that coordinates such work is the CanCEE committee (Canadian Committee on Earthquake Engineering), which includes representatives from several departments. CanCEE is seen to be an effective body, and the Earth Physics Branch is seen by NRC representatives to be a knowledgeable and important member. Informal liaisons with the EPB exist in the area of in situ stress measurements as well as seismicity. As discussed below in the section on Seismology, a number of technical changes in the strong-motion seismic network are desirable, and we recommend that these be implemented when the EPB assumes complete responsibility. We foresee that the cooperation now existing between the EPB and the Division of Building Research of NRC will continue, because of the on-going interest of the latter in the effect of strong ground motions on structures.

A closely related activity is the Nuclear Code Committee, set up in 1975 by Atomic Energy of Canada Limited. This is a technical body that provides the essential background for the establishment of Canadian Standards Association (CSA) standards for nuclear facilities. This is an important matter, for example, in terms of relations with foreign countries. Obviously, the technology is similar and indeed the same names of individuals come up in conversations. Finally, it was emphasized that these activities were only a small part of the NRC's activities, representing two out of about 30 project divisions, in the Building Research Division.

In the area of permafrost research, there has been continual contact over the years. Sites for cooperative research include the Mackenzie Delta, the Beaufort Sea and Alert. The basic data consist of ground temperature measurements. The Earth Physics Branch staff are equipped and qualified to collect these. Those NRC personnel interviewed gave emphasis to the fact that the Earth Physics Branch had essential laboratory facilities on which such cooperative research programs depend. Permafrost research is a natural area of interest for Canada, as over half of it is covered with permafrost of thicknesses varying from 1 to 1000 metres. Liaison is usually informal, but effective. Some of it takes place through the Permafrost Subcommittee of the Associate Committee on Geotechnical Research (of the NRC).

The closest contacts with the Energy Division of the NRC are in the renewable energy area, particularly geothermal energy. Apparently, interest began within the Department of Energy, Mines and Resources, and about three years ago an engineering component was added. This component includes heat extraction technology (by the NRC) and system design (by the EPB). In the view of some of the persons interviewed, the engineering component is still too small.

Briefly, the NRC's efforts are devoted to heat exchangers and heat pumps and utilization, whereas the Earth Physics Branch focuses on geothermal resources. The total activity within the National Research Council is modest, but recent reviews have been suggesting that it should grow. The Earth Physics Branch's role is seen to be appropriate in size. Much of the Earth Physics Branch expenditure is handled by external contracts and is thought to represent about $1 million per year. The National Research Council has a concept that the overall geothermal program will remain about the same size, but that the proportion of the work going to the Earth Physics Branch may decline. Our interpretation of the latter point of view is that the NRC, rather than the EPB, should become involved when geothermal energy is "out of the ground". The Committee concurs with this view. (Very recently, it has been announced that the Energy Division of the NRC is to be disbanded. We are not aware of the implications of this for the geothermal energy program).

Scientists from the Gravity and Geodynamics Division of the EPB have worked continuously with those of the Herzberg Institute of Astrophysics on the design of, and preparation of the submission for, a Canadian Long Baseline Array for Radio Astronomy. As is generally known, the future for this proposal at the present time is by no means bright. Nevertheless, the EPB input has been important. The fact that the array would be used for geodynamical research of special interest to Canada led to design changes, and provided additional weight to the arguments for funding. If the project is revived these arguments will still be valid. In the meantime, the involvement of the EPB scientists has led to the very real possibility of mobile receiving units being obtained, permitting the Branch to participate in this very advanced technique for measuring crustal strain.

(ii) The Geological Survey of Canada

The interface between the Earth Physics Branch and the Geological Survey of Canada is complex. It involves not only cooperative investigations, but also a division of effort. Geophysical measurements are carried out by the GSC divisions based in Ottawa and by the Atlantic Geoscience Centre. While the Division of Resource Geophysics and Geochemistry has the most extensive measurement program, paleomagnetism is the responsibility of the Precambrian Division. In marine geoscience, the Atlantic Geoscience Centre is a division of the GSC while the Pacific Geoscience Centre is a joint operation of the GSC and the EPB. This fact creates a basic asymmetry between the east and west coasts (with some additional uncertainty in the Arctic). All other divisions of the GSC have geophysical interests of some degree, either in their own projects or in addressing national priority missions such as RADWASTE[1], permafrost, and the Frontier Geoscience Program and the proposed LITHOPROBE[2] project. This is not unnatural, given the increasingly interdisciplinary nature of the earth sciences. Any geological

[1] Radioactive Waste Disposal Program

[2] Project to study the relationship between the deep (Lithospheric) structures of the earth and the geologic features of the surface.

survey must draw upon the tools of geophysics (as well as geochemistry) to keep abreast of progress.

The Committee has noted the changes in the Program Description of the GSC, for example from that of 1970-71:

> "Identification of potential mineral resources, provision of data to aid the discovery and exploration of mineral deposits and of data for engineering projects, land use, etc., basic research on the formation of the earth, development of new geological instruments and methods",

to that of 1984-1985:

> "the conduct of geological, geophysical and geochemical research and surveys; estimation of mineral and non-renewable energy resources; investigation of geological phenomena affecting engineering works and the environment; development of geophysical and other technologies; development of national geoscience standards; fostering Canadian geoscience and Canadian international geoscience activities; cooperation with the provinces, provision of advice to government, and production and dissemination of maps and reports".

While it is not strictly our mandate to comment on the program statement of another Branch, we do point out that the two references to geophysics and the use of the blanket term "geoscience" causes confusion in the appreciation of the division of effort between the GSC and the EPB.

Given the present division of actual geophysical activity, the interest of all GSC divisions in geophysics, and the need for geological input to many projects of the EPB, we frankly did not find the spirit of cooperation between the two Branches in Ottawa to be all that is desired. The opinion was expressed, by officers of the GSC, that cooperation between the two Branches had improved in recent years, partly as a result of dual involvement in mission-oriented projects. If this is indeed the case, the trend is to be encouraged, but not at the expense of the identity of either organization. The suggestion has already been made (by one of the Ad Hoc Committees) that a joint committee (between the EPB and the GSC) of workers in paleomagnetism be set up. We reiterate this suggestion, and see the need for working-level, informal committee(s) in other areas (e.g. crustal structure). The management of both Branches should do everything possible to promote mutual trust and scientific cooperation between the members of such groups as well, of course, as between members of the more formal structures concerned with RADWASTE, permafrost, Frontier Geoscience, etc.

The dichotomy in the organization of marine geophysics between the east and the west has certainly produced problems in the past. It is only recently, for example, that gravity measurements made at sea by the AGC (Atlantic Geoscience Centre) have been included in the national gravity data set. We understand that this has now been rectified, and also that there is complete cooperation between the AGC and the PGC on the optimum utilization of Canada's only two sea gravimeters, one owned by each organization. It will certainly continue to be desirable for scientists from the EPB to work at the AGC, for example, on problems of east coast seismicity. Again, we urge an attitude of mutual respect and consideration by both the visitors and the host organization. In the laboratories of the PGC, we observed an atmosphere of completely satisfactory interaction between the scientists of the GSC and those of the EPB. Undoubtedly, the fact that both were more concerned with the real problems of the sea floor and west coast tectonics than with bureaucratic procedure contributed to this, but the Director has greatly encouraged it. Since our visit, we have learned that there have been administrative problems as a result of the joint budgeting process. We again urge the managements of the EPB and the GSC to do everything possible to assist the Director of the PGC in minimizing these problems.

(iii) The Geodetic Survey

The relationships with the Geodetic Survey have changed very markedly over the years. As has been noted earlier, the original purpose of the Dominion Observatory was very much in support of practical geodesy, and the Geodetic Survey grew out of the Observatory. For many years, the Survey, although a separate organization of the Department, was physically located in close proximity to the Observatory, until space was provided for it in the Surveys and Mapping Building. With the proposed transfer of the Surveys and Mapping Branch to Sherbrooke, Quebec, the physical separation of the Geodetic Survey and the Earth Physics Branch could become even greater. Scientifically, many of the aims and technologies of the Geodetic Survey and the Gravity and Geodynamics Division of the EPB have never been closer than at present. The striking recent advances of modern geodesy, particularly those involving space techniques, hold great promise for geodynamic studies as well as for precise positioning. At the same time, many of these new techniques make increased demands for knowledge of the gravitational field. Thus, both the Survey and the Division draw upon each others expertise and provide services to the other, for their respective programs.

We perceive the cooperation between the two organizations to be effective and efficient, largely through the joint committee of scientists that are actively involved. However, there does appear to be some overlap or duplication of effort in the particular area of geoid evaluation. While this is a most important practical problem, the Committee urges that the two organizations examine this area with particular care, to determine if cost effectiveness could be improved.

b) Industry

Linkages between the EPB and the private sector are in a number of very different forms. The Branch is, first,

a provider of services and basic data (e.g. gravity base station values, magnetograms) to the petroleum and mining industries, either directly or through geophysical contractors. The Branch also provides vital information on seismicity to engineering consultants. It monitors government contracts to industry for its core programs (e.g. field surveys) and for the permafrost, energy and RADWASTE programs. An area of limited exchange, to date, but one which could develop much more, is the transfer of instrumental technology to the Canadian geophysical instrument manufacturing sector.

Our information on the first area, the provision of data and services, comes chiefly from the results of the questionnaire, and to some extent, from studies by the Ad Hoc Committees. There is general agreement that the EPB products are of a very high standard. With the petroleum industry, there is a problem in the need for increased visibility, which we address elsewhere. The mining geophysics community, while basically pleased with the services obtained, has made suggestions for further judgment-based interpretation of some of the data, to which the Branch has not yet responded. (For example, a frequent request, and one supported by the Ad Hoc Committee in the field, is for the publication of a map of Canada indicating the regions for which the magnetograms of each magnetic observatory are believed to be representative). But in general, the relations in this area are good. In the field of seismicity, there is acceptance that the role of the EPB is in the overall seismic zoning of Canada, including its implications for codes, but that site-specific studies and recommendations are the proper sphere for private consultants.

The case of contracts to industry for field and other studies has undoubtedly been beneficial to Canadian industry, and has freed some of the personnel of the EPB from routine tasks, at least in the case of the core programs. The Committee is concerned, as we emphasize elsewhere, about the impact of a very large amount of contract monitoring on the careers of individual scientists.

For the benefit of both the EPB scientists and the Canadian industry, we urge the further development of another type of linkage, especially in high-technology areas, and that is the **joint venture.** In other words, the monitor-contractor relationship is replaced by one in which creative scientists from the EPB and industry work together on research, in the same way that some EPB projects with universities are completely joint. This type of relationship provides the optimum environment for technology transfer, and helps to remove the feeling (which the Committee has heard expressed) that the more routine tasks are the ones contracted out. We realize that since, in joint ventures, the risks are shared, the administrative problems are probably more difficult to overcome than in the case of contracts. Nevertheless, the goal is worthwhile.

Technology transfer in the development of measurement systems, to date, has been largely in the area of magnetic sensors and the Automatic Magnetic Observatory System. A very promising possibility at the moment is the simplified seismic refraction recorder developed at the EPB and, for the future, instrumentation systems for the measurement of absolute and relative gravity and others in the area of geodynamics. The relationships between the EPB scientists and the Canadian geophysical instrumental companies appear to be good, and there is no reluctance on the part of the Branch to assist the latter. Problems that do arise are largely outside of the Department's ability to rectify and, in fact, are those which often appear to be poorly understood by the government policy makers. It is not the funding for construction of a prototype instrument which solves the problems of the Canadian industry but the securing of the first multiple orders. Government policy can assist by setting an example, in purchasing the product and in developing markets abroad. But timing is important, and any delay places the Canadian manufacturer at a disadvantage. For example, we believe that there exists today an excellent export market for the seismic refraction recorder, designed by the EPB for LITHOPROBE. We also believe that in a year or so, other countries will develop their own.

c) Universities

Canadian university groups in geophysics and the EPB have common goals in advancing the physical study of the earth and in enhancing public understanding of the subject. Linkages between universities and the Branch exist at many levels: undergraduate and graduate students as potential temporary employees; recent Ph.D's as potential post-doctoral fellows; and Faculty members in a number of roles, including those of contractor or recipient of a Research Agreement or as collaborators in completely joint research projects.

The EPB inherited from its predecessor, The Dominion Observatory, and continued a long tradition in the employment of summer students. Indeed, in all areas of earth sciences in Canada, there are today senior scientists whose first experience was in some branch of the Department. It is a source of great concern that the program of summer employment for students may be drastically reduced (as indicated in a budget statement of the federal government, autumn, 1984). This is obviously a problem but rectification is beyond the power of the EPB alone. The impact on the EPB and on undergraduate students interested in geophysics would be most serious. The government must therefore not reduce the program of hiring summer students. There is an excellent record of graduate students benefitting from employment and from the use, in theses, of material acquired through work within the EPB. This policy is, of course, to be encouraged.

We are convinced that, for the past several years, very substantial contributions to the EPB program have been made by post-doctoral fellows. One evidence of this is the prominence of their names as authors or joint authors in the list of publications. Post-doctoral fellows bring new points of view to any institution and, by virfue of their

freedom from administrative responsibility, can devote full time to research. We find some evidence of a sense of discouragement, at present, in the possibility of fulfilling the program. There appear to be two reasons for this. First, there are rigid restrictions on the number of fellowships tenable by non-Canadian residents, in proportion to those held by Canadian residents. Secondly, the number of Canadian Ph.D's graduating in solid earth geophysics remains very small, and competition for them is very high. More effort must be made to increase the visibility of the EPB to Canadian graduate students, to follow the careers of Ph.D's in-progress, and to attract suitable candidates by personal contact. At the same time, representation should be made to appropriate government Departments to ease the restrictive quota on non-Canadian Fellows.

Relations between the EPB and the geophysics faculty in Canadian universities are generally very good. There are numerous examples of completely joint research projects and more will develop through LITHOPROBE. Indeed, LITHOPROBE, Phase I, has already spawned a number of papers, co-authored by university, EPB and GSC scientists. The field work in seismic refraction measurements is also an excellent example of cooperation in the field. A number of university faculty members hold contracts under the geothermal energy, permafrost or RADWASTE programs and, over the years, many have had Research Agreements. When the latter program was introduced in the early 1970's, the funds available to faculty members provided important support for research projects of mutual interest between the researcher and the Department. Unfortunately, the amounts of money have remained fixed so that the purchasing power of such funds has become very small. Research Agreements now represent only supplementary funding for projects whose main support must be found elsewhere. The effectiveness of mutual cooperation between universities and the EPB has inevitably declined since the early days of the Research Agreement program. We recommend therefore that this program be refinanced to at least its original level in 1970 dollars, with allowance for future inflation.

A most important form of university and Branch interaction is through temporary staff exchanges. While there are numerous cases of Canadian faculty holding temporary positions at the EPB and of EPB staff taking research leave in Canada or abroad, the concept of simultaneous exchanges is relatively new (there is a recent example between a geophysicist of the GSC and a Canadian university geophysicist). Exchanges have the advantage of bringing new insights to both cooperating organizations, with no resultant temporary shortage of staff. We recommend that the EPB initiate an exchange of scientists with universities.

d) Organizations outside of Canada

The staff of the EPB plays an active part in various international bodies; and the Branch is highly regarded by those responsible for the World Data Centre System, for its regular contribution of high quality data. Moreover, there are areas of productive cooperation with other national institutions, for example, in seismicity and geodynamics studies with the United States Geological Survey.

VI ANALYSIS OF SPECIFIC AREAS

a) Seismology

Seismological activities of the EPB can be divided into: (i) observatory or data-gathering operations; (ii) applications or services to the country; and (iii) research. Oftentimes, because of various types of interaction, the distinction between the three becomes blurred. This is desirable.

(i) Observatory-Type Operations

Observatory-type operations include:

1. the maintenance and operation of the national (standard) network of three-component, long and short period instruments;
2. the maintenance and operation of regional and telemetered networks of short period instruments;
3. the preparation of seismological bulletins and earthquake catalogues and maps; and
4. the photocopying of the analog seismograms of the national network so that they are accessible to seismologists throughout the world.

The Canadian national (standard) and regional seismological networks are models of efficient operation. The quality of the seismograms is very good, which is remarkable when one considers the harsh environment in which many of the seismographs are operating. The instruments are calibrated frequently, and calibration curves are included in the seismological bulletins. Extra care is given to the details that make good seismograms, such as the sharpness of the light trace and the photographic processing. Reproductions of the seismograms that are sent to the World Data Centre continue to be made on 35 mm film, resulting in copies that are better than microfiche copies, such as made in the United States.

Nonetheless, there are some matters of concern. Within the past two years the stations at Resolute Bay and Fort Churchill have been downgraded from standard to regional. This resulted in the replacement of photographic recording seismographs (three-component long period and three-component short period) by vertical component seismographs only. The latter record on heat-sensitive paper. Apparently these changes were made to reduce the number of person years required for the operation of the station, and are only short-term changes that precede the conversion of all of the standard stations to broadband three-component digital seismograph systems. It is recommended that the changeover from analog to digital instrumentation take place as soon as reliable systems can be installed to keep Canadian seismographic operations at the worldwide state-of-the-art. Further, it

is recommended that playbacks that are made to resemble the present short and long period seismograms be sent to the World Data Centre, along with the digital data tapes.

The telemetered seismographic networks of eastern and western Canada provide high quality data for the most active earthquake regions and most densely populated regions of the country, as well as for areas of particular concern, such as hydroelectric and nuclear power generating facilities. These networks, together with the standard and regional networks, provide a large quantity of data that must be analyzed and published, along with hypocentral coordinates, in station bulletins. This is a time-consuming operation that presently occupies much of the time of some of the senior seismologists. It is recommended that students, working on a part-time basis and/or during the summer, be hired to do some of the routine work, thus allowing the seismologists to devote a reasonable portion of their time to research. Such a practice also might be effective in interesting students in a career in geophysics.

The EPB deserves special credit for the excellence of its seismological bulletins, including seismicity catalogues and maps. These are fundamental data whose value increases with time. Future generations, both of scientists and non-scientists, will benefit from the careful attention presently devoted to these operations. The promptness of publication makes them very useful to those who require knowledge of the current seismic activity of the country.

Until now the operation of strong-motion seismographs has been the responsibility of the EPB-PGC in the West and of the National Research Council in the East. Soon the eastern installations will be turned over to the EPB — Ottawa. This is an ideal time to plan an adequate network of such stations, particularly because the present one, at best, is minimal by international standards, with regard to the number and type of instruments in operation. Strong-motion data from moderate to large earthquakes are needed everywhere in "eastern Canada" from Alberta to the Atlantic coast, as well as in the Arctic region. Inasmuch as earthquakes large enough to trigger accelerographs occur relatively infrequently in these areas, the country cannot afford to miss any opportunity of acquiring strong-motion data when such earthquakes occur. It is recommended that at least two or three free-field instruments should be placed in every seismic source zone capable of producing an earthquake of body-wave magnitude greater than, or equal to 5. Many more should be placed in the St. Lawrence Valley. In addition, strong-motion instruments should be placed at both free-field points and at several heights within structures located in the metropolitan areas. Long-term consideration should be given to a two-dimensional, or preferably a three-dimensional, strong-motion array near Le Malbaie, or some similar active earthquake area. Because the responsibility for the strong-motion program in eastern Canada is being taken over by the EPB from the National Research Council, the EPB will require both an increase in budget and personnel to carry out this assignment. The responsibilities for eastern Canada cannot be met by the existing staff, who have neither the time nor possibly the special talents required for certain engineering aspects of the data gathering and analysis of strong ground motions. The scientific staff of the Pacific Geoscience Centre should continue to take an active role in the strong ground-motion program, particularly in developing plans for the required expansion of effort in the East. Increasing urbanization of south-eastern Canada, along with continued development of sophisticated lifelines that are vulnerable to strong ground shaking, insure that the strong-motion program will take on even more significance in the future.

Seismic instrument development is a related type of observatory operation. The EPB devotes considerable effort to such activities, with the result that all of its seismographs are state-of-the-art, including the new digital recording systems. By designing and constructing its own instruments, the EPB not only maintains a high level of quality control but also obtains instruments which are made to satisfy its special needs. The new generation of digital seismographs, with broad band frequency response and large dynamic range, will provide data that span the gap between those provided by traditional strong-motion instruments and observatory-type instruments. Therefore, the interpretation of such data will become more sophisticated if they are exploited to take advantage of their potential. Additional data processing will be required, which will result in new banks of information. We recommend that thought and planning should be given to developing the proper formats of digital seismograms and to digitizing analog seismograms for distributing this information to the research community and to interested corporations and the public.

(ii) Applications and Service to the Country:

Operation of the seismograph stations and networks, publication of seismic bulletins and maps, and related observatory-type activities are all examples of service to the country and to the international scientific community. Studies, such as those of seismic risk and hazard and of the state of stress in the crystalline rocks proposed for nuclear and other toxic disposal, provide additional examples of seismological applications and of service to other agencies of the federal and provincial governments, as well as to those segments of industry concerned with lifelines, critical structures and other facilities which could suffer large economic loss or be the cause of loss of life from earthquakes. The extensive refraction and reflection studies of the lithosphere that are being carried out and planned for the coming years bear on these problems, as well as on the exploitation of mineral resources. In a similar vein, seismicity studies of continental margins can contribute significantly. Seismological studies related to the identification, location and discrimination of underground nuclear explosions, along with participation of Canadian experts in disarmament discussions, also represent an important contribution to the country and to all mankind.

In order to carry out properly the above-mentioned activities it is necessary to conduct in parallel fundamental research, because none of these activities can be performed by means of routine methods of data gathering and analysis. This desirable state of affairs provides stimulus and challenge to the investigators, as well as a sense of accomplishment derived both in their role as scientists and as individuals seeking to improve the state of society. However, the reduction in scientific personnel that has taken place in the EPB in recent years, along with added responsibilities, presents the danger of sacrificing the scientific element at the expense of applications and services. If this trend continues, not only will there be lowered morale but also a decline in scientific competence.

It is particularly difficult to single out applications or services which might be reduced. Continuing financial support for the EPB activities requires good relations with the public, the news media, industry and all branches of local, provincial and federal government, as well as the smaller scientific and university communities. However, none of these efforts need be done at the expense of being a slave to the users. For example, neither industry nor government regulatory agencies should normally expect to receive site-specific seismic hazard evaluations from the EPB. Such activity should be carried out by geoscience companies or by consultants, when this is feasible. Furthermore, if these services are provided by the EPB to regulatory agencies there either can be the suspicion of collusion among the different branches of the government or there is the likelihood that one branch of the government will be challenging the work of another. Rather the role of the EPB should be that of senior adviser to the regulatory agencies, providing review and guidance and approval or disapproval on matters of scientific judgement.

The questionnaire distributed by the Review Panel suggests that the EPB has to publicize its activities and services better. One way of doing this, which has worked well for the U.S. Geological Survey and other United States agencies such as the National Science Foundation, the Federal Emergency Management Agency, the Corps of Engineers and Federal Energy Regulatory Commission, is to hold regional conferences and workshops on earthquakes and their effects. Invited participants would include all segments of society, especially those individuals who can be identified as playing a leadership role in their communities, provinces, companies, universities, scientific and technical societies, disaster relief agencies, hospitals and medical systems, and all phases of life that can be affected by damaging earthquakes.

(iii) Research Activities:

As noted earlier, there is a research element in all of the seismological activities of the EPB. In some cases the research inclines toward the geological aspects and in others to the more mathematical-physical. Earthquake prediction, seismicity of the coastal regions, along with LITHOPROBE and related crustal studies, tend to be the former, whereas wave attenuation, the state of stress in the lithosphere and synthetic seismogram construction are examples of the latter. The EPB research on in situ stress measurement is particularly important, because this parameter is now recognised as having important implications for neotectonics and seismicity, yet very few other groups in Canada are involved in its study. Since the last review of Seismology (Uffen Committee) there appears to have been a conscious effort made to increase the amount of research in the EPB. This is an encouraging development, because it controls the quality of seismology in Canada in the future. Furthermore, with some notable exceptions, seismological research at Canadian universities is directed toward lithospheric studies, which make up an important element of the science of seismology but only a part of the total subject. Both the EPB and the university community should be encouraged to broaden their perspective of seismology, consistent with available resources and the interests of the investigators.

b) Gravity and Geodynamics

The Gravity Division of the former Dominion Observatory laid the basis for the gravity survey of Canada in a most effective way. With limited personnel, it carried out a measurement program which, for accuracy and coverage, is the envy of most countries in the world. The present Gravity, Geothermics and Geodynamics Division (Geothermics are discussed separately) is charged not only with completing this work, but with developing tools to measure whole-earth and crustal deformation. This objective began when the two PZT observatories were left with the EPB after the transfer of astronomy to the NRC, but has greatly expanded to include participation in the planning for a Canadian long-baseline array, or for mobile-station alternatives to it. The result has been that there is a mix of science and technology in the Division. We believe that this mix is appropriate to Canada's needs, and for overall contributions in gravimetry and geodynamics. One evidence of the effectiveness of the Division is the extent to which members of it are requested to assist in programs abroad.

The personnel of the Division are aware of the rapid advances in modern technique: geodetic positioning satellites; long-baseline interferometry; absolute gravimetry; and so on. But, it is a rapidly advancing field, and it will be necessary to attract new expertise, to maintain the dynamics of a team which has been in place for more than a decade. This could be partly achieved by suitable postdoctoral fellows; but we recommend that, when possible, the staff in the area of the new geodynamic technologies be increased.

There is, however, an additional need in the area of interpretation. The Division has been forced to concentrate on the technology. Consequently, its output in the area of studies on lithospheric flexure, upper mantle viscosity and post-glacial rebound have suffered. These are subjects of fundamental importance. The latter is of particular significance to Canada. We recommend, as a

matter of high priority, the addition of a scientist with proven capability in these areas. After all, it is to provide the data necessary for such studies that the crustal deformation technology is being developed.

In the matter of the gravity field itself, there will undoubtedly be a problem in the future, due in part to the EPB's early success in mapping that field on a regional basis. The demands of modern geodesy, in terms of station density, precision of the gravity measurement and precision of height measurement, may well exceed those parameters for the present network. At the same time, new techniques, airborne or satellite gravimetry and absolute measurements, will be in place to assist. Some very hard decisions will have to be made, on whether to upgrade the present network (which represents a considerable investment) or to replace it. The decision cannot be made now, and the Committee is obviously not in a position to recommend a specific action. Because a similar decision will face other countries, we do recommend that expertise and international contacts be maintained at a high level to permit an intelligent choice for the 1990's.

c) Geothermal Studies

(i) General Comments

The geothermics section comprises 9.2 PY funded at M$ 2.6, of which 2PY and M$ 2.1 are OERD or "soft" support. The work of this section covers a wide range of activities including permafrost studies, geothermal energy assessment, nuclear waste isolation and the technology of alternate energy. The group's primary research focus is on heat flow and its interpretation in terms of the tectonic evolution and current tectonic regime of the Canadian landmass. It is also concerned with the application of heat-flow techniques, the assessment of geothermal energy potential, the determination of permafrost depths and the evaluation of geologic hazards. In response to national needs, the group has branched out into such areas as nuclear waste disposal, gas-hydrate distribution and moisture migration in frozen soils. To the extent that we have been able to assess it, the work of the geothermics section is of high quality. Laboratories are well equipped albeit insufficiently staffed for optimum results. In our opinion, however, some priorities are seriously misplaced, some, no doubt, dictated by external forces such as specifically targeted funding. Notwithstanding the pressure to achieve specific, directed goals, it should be possible to obtain more fundamental heat-flow data from all of the subactivities described in section 6.2 of the program book of the EPB. For example, permafrost studies should yield heat-flow data of high quality. A thorough understanding of the heat flow field of the arctic region is a prerequisite to a complete interpretation of permafrost distribution, as well as being a necessary constraint for tectonic models. Similarly, a complete understanding of the lateral and vertical variations of **heat flow** (not temperature or temperature gradient) is required to identify and characterize the movement of groundwater within any candidate repository for nuclear waste. These heat flows should be packaged appropriately and published promptly both to fulfill the basic research mission of the geothermics group and to enhance its reputation in the broader scientific community.

(ii) Specific Comments:

Laboratory Support. The geothermics section has responded positively to most of the suggestions of a previous ad hoc visiting committee (The Beck Committee). The Ottawa thermal conductivity laboratory is in the process of being modernized and automated, but there is still a backlog of 1.5 years in conductivity measurements, owing to the lack of technical backup. This problem could be alleviated somewhat by installing "Vacquier" type line-source halfspace apparatuses in both Ottawa and PGC and hooking them up to the existing ADP equipment. The halfspace technique is easy to set up, uses essentially the same software as the line-source "needle probe" (which is already installed, at least in Ottawa) and requires only rudimentary sample preparation. Thus, a research scientist can relieve the pressure on his/her flow of conductivity data by spending a couple of days in the laboratory.

Geothermal Study of the Yukon and the Mackenzie Valley. A great deal of very good and useful work is being done here, but this subproject would benefit from a greater emphasis on the characterization and publication of the heat flow field of the region.

Geothermal Studies for Nuclear Fuel Waste Management Program. Once again, more attention should be paid to obtaining heat flow data and less to esoteric studies of rock properties. There exist sufficient data (particularly for crystalline rocks) to characterize thermal conductivity and diffusivity adequately for general engineering calculations. We note that a study of three boreholes was made near Pinawa and question, why temperatures were not measured in more than three, when (presumably) many more were available.

Studies of the Geothermal State of the Crust in Central and Eastern Canada. Missing from the milestones in the program book is any mention of a systematic "scrounge" of holes drilled by industry in the region. The continuing acquisition of new data should remain a high priority in any geothermal studies program. The Lithoprobe program will study an exposed 25 km vertical section of Precambrian crust. The study should include the distribution of radioactive elements along this section.

Detailed Geothermal Studies in Specific Regions of the Cordillera. This activity seems to be proceeding satisfactorily given the limited resources allocated to it. Tectonically, this is "where the action is" in Canada, and consideration should be given to increasing support for Cordilleran studies even at the expense of some eastern and central studies. We note that milestone #4 (a paper on the geothermal structure along a transect including the Jervais Inlet) is dependent on "thermal conductivity

measurements being available. . . from the Ottawa lab". The deployment of a "Vacquier" type halfspace apparatus might help to alleviate bottlenecks of this sort.

Assessment of Canadian Geothermal Energy Potential.

Cordillera. Overall direction of this study should reside in the PGC as an adjunct to regional heat flow studies, with considerable input from the GSC. The partition of effort between non-volcanic and volcanic terranes is artificial and arbitrary and may hamper efforts at a regional synthesis of prospective Cordilleran resources.

Sedimentary Basins and Technology and Application. The activities of the EPB seem to be migrating away from its area of expertise toward engineering applications which are probably best left to the appropriate specialists in other disciplines.

Atlantic Region. To the extent that this work enriches the regional heat flow data base, this is a very valuable activity. The outlook for economically feasible exploitation of geothermal energy in this region in the forseeable future would appear to be fairly bleak, however.

Permafrost Research. The mapping of permafrost, research into moisture migration, and studies of gas hydrates are all of great importance to an orderly development of Northern resources. The investigators seem to be reaching out to colleagues in other countries and sharing information with them, which is very commendable. The Beck Committee recommended that as these studies reach the level of engineering applications, the leadership of the studies should be transferred to the appropriate segments of the soil physics/fuels/engineering communities. We concur with this recommendation.

d) Geomagnetism

It is natural that the study of the earth's magnetic field should have played a leading role in Canadian geoscience for well over a century. As has been mentioned, the operation of a magnetic observatory constituted the first organized scientific activity in the country. Canadian territory embraces the North Magnetic Dip Pole, and the longest over-land segment of the auroral zone. Use of the compass was vital for navigation until relatively recent times, auroral disturbances continue to influence communication systems, and Canada leads the world in the application of magnetic and electromagnetic methods of geophysical exploration for minerals. All of these factors argue for a strong national capability in the subject.

For many years, the Division of Geomagnetism of the Dominion Observatory/Earth Physics Branch was recognized internationally as a leader in the field. The accomplishments were numerous: precise tracking of the magnetic pole; major improvements in fluxgate magnetic sensors and their development into practical ground instruments for absolute component surveys; development of the first workable vector airborne system and the use of it on long flight lines, not only over Canada, but over the oceans; contributions to the mathematical formulation of the International Geomagnetic Reference Field and its secular change; and development of the automatic magnetic observatory (AMOS). The list could be extended.

The past successes have meant, of course, that certain problems, previously of high priority, are no longer so. For example, the vector field over Canada can now be tracked in time with the relatively limited number of repeat stations, while further instrumental development for the standard magnetic observatory is not urgently required. But the natural development of the subject and its applications presents a new generation of challenges.

The complex interplay of terrestrial magnetic fields of different origin and different time scales is illustrated in the following table, taken from a recent text (W.D. Parkinson: Introduction to Geomagnetism). Not shown in the table are the interrelationships which force the subject to be approached in a unified way. For example, the disturbance fields (3, 4, 5, even 6) constitute noise in the measurement of the local field 2 for geophysical exploration, where they must be corrected for, while they constitute the primary source of the induced field 7, which is also measured in another method of geophysical exploration. Measurement of the "frozen" local field 2 in rock samples provides information on the past history of the main field 1.

Recent trends in the subject emphasize increased interdependence of these effects, and also possible implications for domains beyond the geosciences, for example, in biology (Parkinson's book contains a 5 page section on Geomagnetism and Biology) and climatic change. On the practical side, the improvements in communication systems have not eliminated the effects of geomagnetic disturbances, as witnessed by the continuing research by Bell Laboratories on the subject. Also, the extension of pipelines through the auroral zone has raised the question of the effect of induced currents on the enhancement of corrosion. At the same time, new technologies, such as satellite vector magnetometers (as carried on MAGSAT) provide a completeness in the measurement of the field that was not possible before, while the great increase in sensitivity of magnetic sensors opens the possibility of ground-based measurements of effects not previously subject to observation. With all of these advances, the provision of basic magnetic observatory data to the exploration industry remains vital, and is an excellent example of a very necessary service. There remains, for the future, the possibility of a dedicated system of satellites to monitor the temporal changes in the field. Such measurements, if they could be continued downward through the region of ionospheric electric currents, would eventually obviate the need for magnetic observatories. To be responsible, a national group in geomagnetism must maintain and develop the broad expertise to at least remain abreast of these international developments, and preferably to contribute to them.

Components of the Geomagnetic Field

CONSTI-TUENT FIELD	LOCATION OF SOURCE	INTENSITY (maximum)	MORPHOL-OGY	TIME VARIATION	MEASURED BY	RELE-VANCE
1. Main field	outer core	50,000 nT (70 000 nT)	mainly dipole	secular variation order of 1000 yrs; reversals order of 10^6 yrs	regional surveys (aircraft, ships, satellites or ground obs.)	controls all other fields directly or indirectly; used in navigation
2. Local Field	crust above Curie point geotherm	mean 100 nT (as high as 10^5 nT)	very irregular, wave lengths as short as 1m	none	local surveys (surface or airborne)	used for geophysical exploration and ocean floor spreading rates
3. Regular storm field	magnetosphere	150 nT (500 nT)	approximately uniform external field	4 to 10 hour; recovery takes 2 to 3 days	observatory magneto-graphs	monitors solar activity
4. Irregular storm field & substorms	ionosphere and magnetosphere	100 nT (200 nT in auroral (zones)	global, but more intense near auroral zones	periods of 5 to 100 minutes	observatory and temporary magneto-graphs	ditto
5. Dirunal variation	ionosphere	50 nT (200 nT at equator)	global; mainly P_3^2 harmonics	periodic 24, 12, and 8 hour periods	observatory magneto-graphs	indicates ionospheric tidal winds
6. Pulsations	magnetosphere	few nT (100 nT for Pg)	quasi-global, more intense near auroral zones	quasi-periodic 1 to 300 sec	rapid-run and induction magneto-graphs	indicate resonances in magnetosphere
7. Induced fields	crust upper mantle and oceans	about 1/2 of above four fields	generally global but irregular in places	same as above four fields	observatory and temporary magneto-graphs	indicate conductivity distribution in crust and mantle

With the reorganization of the EPB, the Division of Geomagnetism was incorporated into the new Division of Seismology and Geomagnetism. We perceive some of the results of the change as beneficial in the establishment of interdisciplinary groups. Examples are in the crustal studies group, where interpretations of electromagnetic soundings can be closely coordinated with the results of seismic refraction and reflection, and in instrumentation. In both cases, scientists previously attached to two divisions were brought together. However, in balance, we are convinced that the loss of a focus for geomagnetism, and the documented loss of visibility, have been detrimental. Our visits have given evidence of first-class work on: rock magnetism and instruments at Blackburn; induction studies, chart production and interpretation at Ottawa; and of paleomagnetism and induction studies, including ocean-bottom magnetic variation measurements, at PGC. But, we saw little evidence of interaction between these projects. We were also concerned that the EPB was not the lead agency in the project MARIA, (Magnetometer & Riometer Array) designed to provide a dense coverage of ground-based magnetic measurements for coordination with measurements in space. It is encouraging, and will be welcomed by the mining geophysics industry, that capability in the area of forecasting magnetic disturbances based on solar activity has been increased. This is an excellent example of fundamental research with practical significance that should be incorporated into the work on geomagnetism.

In recommending the re-establishment of a Division of Geomagnetism within the EPB, we take a position consistent with our view of the broader question of geoscience within the Sector: a disciplinary fabric provides the greatest promise of remaining in the forefront of a given field, while the essential interdisciplinary ties should be encouraged through less formal working groups. Thus, we see no contradiction between restoring the unity of geomagnetism, and at the same time fostering joint efforts in crustal studies, instrumentation and other areas with the other divisions. Also, in future years when positions become available, the existence of a Division will assist in attracting a scientist of the high stature and breadth of outlook that will be needed for leadership in geomagnetism, as it develops over the next decades.

e) Geophysical Instrumentation

Introduction

It can be argued that geophysics is a science of exact measurement. Geomagnetic measurements can resolve variations less than 10^{-8} of the main field. The best gravity measurements can distinguish differences in altitude of one millimeter. The best seismometers can detect ground motions comparable with atomic radii. It follows that a competitive geophysical research laboratory must have the capability of using the most advanced technology.

The Earth Physics Branch achieved its worldwide reputation for outstanding geophysical research and scientific leadership partly because it employed a number of outstanding instrumentalists. This is not the place to recite the full history, but one thinks, for example, of Patrick Willmore and Paul Serson whose contributions to the fundamental physics and applied technology of geophysical measurement were widely recognized in an international sense. As will be mentioned below, there are still areas in which the reputation of the Earth Physics Branch is second to none. Some of the developments of the Earth Physics Branch have been effectively transferred to industry for development and sale. These include: the "Willmore" (Maxwell) bridge for seismometer calibration; precision clocks for timing field experiments; and the automatic magnetic observatory, AMOS.

The remainder of this discussion is based on the premise that the well being of the Earth Physics Branch depends in part upon its ability to attract and support scientists who can help Canada achieve and maintain a technological advantage.

Present Status

Despite some opinion that instrumentation is either outside the mandate of the Branch, or else that instrumentation developments are not appreciated in comparison with geophysical data collection and interpretation, there remains an impressive capability in this area.

Two models of a portable seismic recorder (the "back pack") have been produced in significant number. This is a portable seismic recording station that records data on digital cassettes. More recently, an all solid-state system is being developed; it is intended as a prototype for LITHOPROBE. This records locally in random-access-memory (RAM) which holds the data until they are transferred to a tape recorder. The resulting portable units (the "lunch boxes") are extremely compact and have no moving parts.

A contribution of particular importance is the development of the digital seismic network and particularly, in connection with that, the development of practical techniques for digital telemetry. While digital seismometry is widely discussed, it is surprising that only a small part of the existing seismic networks use digital techniques routinely for data transmission. Established digital networks in both eastern and western Canada, though still not as efficient as analogue networks, point the way to where the future lies. This kind of development is, of course, of particular importance to Canada, for the large land extent and sparse population makes communication a fundamental national concern.

The Pacific Geoscience Centre purchases ocean bottom seismometers from Clive Lister in Seattle, but the Atlantic Geoscience Centre can claim to have made its own contributions in this area, starting with the designs developed by the University of Hawaii. The latter is, of course, a contribution of the Geological Survey of Canada.

After a lean period, geomagnetic instrumentation is enjoying a resurgence at the Earth Physics Branch. At one time the Branch was one of the forerunners in the theory and development of fluxgate magnetometers. In the early 1980's, when there was need to employ the most advanced technology for the CANOPUS-MARIA experiment, much of this advantage had vanished and those scientists who were primarily responsible were about to retire. NASA technology was "imported" through a university laboratory and through that route transmitted to the federal government laboratories. One key factor is the decision that the relevant instrumentation specification and procurement should be through the National Research Council. Since then, the Earth Physics Branch at Blackburn Hamlet has applied significant resources to the development and has made some important contributions to ring core magnetometers.

Other geomagnetic contributions could be cited. The automated magnetic observatory (AMOS) has contributed much to the reliability and ease of operation of the geomagnetic network. There has been some work at the Pacific Geoscience Centre on controlled source electromagnetic experiments and on the development of magnetic gradiometers, both experiments in collaboration with university researchers. We applaud this sort of collaboration. The PGC has played a leading role in the development of recording ocean bottom magnetometers.

In the area of gravity, the most promising development at the present time is the absolute gravimeter. This follows naturally on the early interest of the Earth Physics Branch (Dominion Observatory) in pendulum gravity measurements and in the string gravimeter. The fundamental developments in the new absolute gravimeter were by the Joint Institute of Laboratory Astrophysics at Boulder, Colorado. Their instrument is being made more user-friendly and field-compatible by Earth Physics Branch scientists. We understand that there is the likelihood that the new absolute gravimeter may be developed commercially.

Conclusions

One of the justifications for having a geophysical laboratory that is distinct from a corresponding geological laboratory is that there is a much better possibility of attracting interested physical scientists. Indeed, the out-

standing quality of early Canadian geophysics is often attributed to the contributions of Eve, Keyes, Gilchrist and other physicists. We found in the Earth Physics Branch some very good geophysicists (and indeed, a few very good geologists); but we have doubts in many instances about whether they are being given sufficient opportunity to make an appropriate contribution.

In the case of instrumentation, one finds a conspicuous example. There are some very good instrumentation studies being carried out, but they are not mentioned in the Program Book. For example, try to find a discussion of the absolute gravimeter development. One is tempted to make some inferences from these observations. The fact that a number of examples of first-class instrumentation projects are evident to a visitor to the laboratories is evidence that such studies are considered worthwhile by the managers. Why then are they downplayed or hidden? Presumably, it is because such activities are considered to be less successful in interesting those that allocate resources. While we do not recommend research that merely duplicates technology that can be purchased ready-made, we do think there is a role and a need for instrumentation research of an innovative kind and a high quality.

There seems to be a relationship between these considerations and the recommendations of the **Task Force on Federal Policies and Programs for Technology Development** (Douglas Wright and others, The Science Council of Canada). Such research certainly does improve this department's capacity for the testing and monitoring of programs that are clearly part of its mandate; they relate to establishing codes, standards and regulations, and they are essential for maintaining national and international data bases. The various component parts of the seismic and magnetic networks can be regarded as national facilities of comparable importance to major accelerators. Moreover the instrumentation developments of the Earth Physics Branch are certainly of such a character that they represent responses to the 'pull' of the user community.

It is necessary to try to keep a sense of proportion in making these judgements. The fundamental objective of geophysics is to learn about the earth and its environment. The writers of this report were pleased to see that instrumentation studies are well focused in response to genuine scientific needs. Data acquisition is near the heart of the subject and someone had better be concerned that Canada's capability is maintained. We do not think that the matter can be left entirely to either universities or to industry, although both will contribute their share to the subject. The Earth Physics Branch has in the past made distinguished contributions to instrumentation studies and it should continue to do so.

A particular aspect of the Branch's responsibilities is the maintenance of major calibration, standardization and testing facilities. Federal laboratories of most countries assume a "standards laboratory" responsibility. These facilities are not likely to be developed elsewhere in Canada. The Blackburn Hamlet laboratory contains Canada's best geomagnetic test facilities, but they are no more than adequate for meeting immediate needs. We note that Blackburn Hamlet is not a seismically quiet site, and therefore is not a good place for some aspects of seismic instrumentation development.

We regard the consolidation of the geomagnetic and seismic instrumentation at Blackburn as having some very good features. It certainly raises the visibility of these activities and provides for a level of cooperation and of technology exchange that should be quite beneficial. The Branch should consider whether the joining together of gravity instrumentation with this group would also be beneficial. In making this judgement, one should take into account the fact that Blackburn Hamlet is rather a long way from the Carling Avenue laboratories and, like all separations, this separation from other geophysicists has its costs too.

VII CONCLUDING REMARKS

To evaluate the work of the Earth Physics Branch in proper perspective, it is necessary to consider first the role of scientific institutions in government, then the organization of the spectrum of related disciplines known as earth science, and finally the structure within the Branch itself. The need to evaluate the former, the role of science in government, was intensified by the publication, during the Committee's investigation, of the report by the Task Force on Federal Policies and Programs for Technology Development (the Wright Report, July 1984). This report calls into question some activities of the federal government in science, suggesting that these activities would be more appropriately undertaken in other sectors of our society. We are convinced that, in the case of the basic geosciences, federal government activity is absolutely essential, in order to maintain continuity and to preserve the national data base. One of the Ad Hoc Committees to the EPB stated this very well when it wrote "there are some tasks best done by private industry, some best done by universities and some best done by government agencies,. . . . . we strongly favour government agencies as custodians of national assets such as the (geophysical) data base". The Wright Report does itself recognize certain scientific activities as proper for federal government laboratories: "monitoring air and water pollution, pesticides and radiation levels". It would not have required a great addition to have included "developing and managing the national geoscience data base as it applies to resources and natural hazards".

The Wright Report deals extensively with technology and technology transfer to the private sector. We concur with the encouragement of that transfer, and we suggest elsewhere how it might be encouraged in the case of the EPB. Finally, with respect to the Wright Report, we note that it strongly recommends peer review of federal science activities, to ensure that they remain relevant. The evaluation of the work of the EPB, first by the Ad Hoc Committees and currently by the present committee, constitutes just such a peer review.

Granted that basic solid-earth geoscience: geology, geochemistry and geophysics, is a legitimate government activity, the next question to be addressed is the optimum division of responsibility between administrative units. The interrelationships are so manifold, both between disciplines and between fundamental studies and immediate needs, that it is probably impossible to define an "ideal solution". Other countries with highly-developed earth science programs, including the United Kingdom, United States and Australia, have, in recent years, reorganized their administrative structures in the fields. It is by no means certain that all of the changes have been beneficial in meeting all needs. Provided that all of the linkages we have discussed (particularly those with the GSC and the Geodetic Survey) are fully developed at the working level, the distinctive Canadian pattern of a Branch devoted to solid-earth geophysics probably represents the most effective arrangement, for both fundamental development of the science and for its application. Indeed, we believe it would have been more efficient over the years, and scientifically desirable, to have kept all of the Department's programs in geophysics and geodesy within what is now the EPB.

Within the EPB itself, there are two divisions in Ottawa based on disciplines (but each now covering at least two branches of geophysics), and a third, at the Pacific Geoscience Centre, which embraces all of the disciplines of the other two as they apply to problems of the western margin and adjoining ocean floor. While we have argued for the re-establishment of a Division of Geomagnetism at Ottawa, we believe that the mix of discipline-based divisions and the Pacific Geoscience Divison, is good. The Pacific Geoscience Centre, we found, is an excellent example of geological-geophysical collaboration for a common objective. The Committee was greatly impressed by the morale and the enthusiasm for scientific pursuits which it found there. In most cases, the sharing of programs with the divisions in Ottawa appeared to be completely satisfactory, although we have recommended a change in the case of heat flow measurements, with more responsibility going to PGD.

We turn now more specifically to the quality and relevance of the work and output of the EPB. In any scientific organization, whether in government, university or industry, there is bound to be a range in ability and productivity among members of the staff. The Branch is no exception in this regard. Nevertheless, we found the overall scientific standard to be very high. We believe that more could be done to free senior members of the staff from routine tasks. By increasing their productivity they would in turn increase the cost-effectiveness of the organization. Also, geophysics continues to be a rapidly advancing subject, and the organization must be ever alert to avoid falling behind. We suggest some areas of high priority for new staff, but as staff positions will probably always be limited in number, we urge that more emphasis be placed on programs for post-doctoral fellows and for staff exchanges with universities.

The **relevance** of the program of the Branch is evidenced by the extent to which that program has been drawn upon for missions of national priority: permafrost, energy, radwaste disposal and Frontier Geoscience, and other commitments such as Canada's contribution to the scientific basis of a test-ban treaty. New areas of at least regional priority continue to emerge. For example, since the committee began its work, the re-occurrence of serious rock bursts, this time in the mines at Sudbury, has involved the EPB seismologists again, in a problem which occupied their predecessors in the 1940's. It is, of course, entirely proper that a government institution should direct its expertise to matters of immediate national priority, and the relationships developed can be healthy for the institution. We do have some concern, however, for the total resource demands of such missions vis à vis the ongoing, basic research and data management mission of the Branch, and for their impact on individual scientists. Since much of the work is performed by contract, a great deal of contract monitoring is involved. The Branch management must ensure that such tasks do not endanger the scientific career of any individual scientist. We hold it to be imperative that, if any new specific tasks requiring major staff time are directed toward the EPB, adequate person-years are allocated to cover them. Otherwise, the basic program could be weakened so that irreparable damage, in the form of gaps in the essential observatory data sequences, could result.

The matter of over-taxing of resources cannot be separated from the question of whether any parts of the current program should receive less attention. Of course, in connection with such missions as permafrost, energy, and radwaste disposal, changing national priorities, made at Cabinet level, may automatically correct the problem. Indeed, the recent few weeks have seen reduced emphasis placed on certain areas of energy research. Given the existing priorities, we urge that, in the case of geothermal energy, the involvement of the EPB cease when the energy is "out of the ground", leaving feasibility studies on utilization to other agencies. Of the Branch's own ongoing programs, we are not in favour of any expansion of work in earthquake prediction, in the narrow sense of searching for precursors to Canadian earthquakes (as opposed to basic and highly relevant programs on seismicity and in-situ stress determination). We have noted that, through closer collaboration with the Geodetic Survey, it may be possible to reduce the effort spent on geoid evaluation. These few areas represent those in which some saving of staff time may be possible.

In a similar vein, we have examined the international commitments of members of the EPB staff. While the list appears extensive, we have found no evidence that the impact of these activities on any members of the staff has caused problems with their national responsibilities. As noted earlier, international collaboration is essential in the earth sciences for mutual progress, and the list is an effective statement of the esteem and respect with which the Branch is viewed by scientists in other countries.

On the question of the extent to which EPB scientists should interpret the basic data, the questionnaire produced a variety of responses. There were certainly some expressions of opinion, particularly from respondents in the petroleum industry, that such interpretation was not a proper role. On the other hand, there have been suggestions from the mining geophysics industry that, in some cases, more evaluation is required. An example of the latter, already mentioned in the section on Geomagnetism, is the suggestion that the "regions of reliability" of each magnetic observatory, for corrections to surveys, be somehow indicated. We take the opinion against interpretation as relating to the direct search for structures or deposits of economic significance, rather than to more fundamental investigations.

As was discussed in the section of this Report dealing with Seismology, there will be a continuing need to evaluate the most appropriate format in which to make seismological information available, both to the public and to the World Data Centres, as the move to digital recording in the network is completed. This will be a matter common to other data sets, and one which is worthy of serious consideration.

The Branch's output submitted for publication in the established geophysical periodical literature have an enviable record of acceptance in the leading journals, and appear in recent years to be well distributed among such journals. We do suggest that more effort be made to submit relevant papers to journals more likely to reach the Canadian exploration industry, both petroleum and mining, in order to make the EPB program better known in these quarters. Involvement in LITHOPROBE and Frontier Geoscience, particularly if, as we recommend, expertise in reflection seismology is strengthened, should provide ample opportunity for such contributions. With regard to the quality of the output in refereed journals, we believe it to be satisfactory in total. The Committee has noticed a decreasing output on the part of some more senior scientists who, a few years ago, were well recognized for their productivity. We believe this to be a further manifestation of the need to free some members of the staff from the more routine tasks and allow them to re-establish their productivity.

The need to increase the visibility of the Earth Physics Branch, particularly to industry, but also to other government sectors, to the university community in Canada and to geophysical institutions outside the country (although, ironically, the visibility there may be better than it is domestically) comes through very clearly from the results of the questionnaire, and in other ways as well, for example, in the difficulty in attracting postdoctoral fellows. We believe that this lack of visibility is felt by the EPB staff itself, and may prevent the morale from being as high as it should be. We have suggested some actions the Branch itself could take to improve visibility, but a most important improvement could be made in the name itself. The words "Earth Physics" convey the wrong impression to many people, and the significance of the term "Branch" is not clear to persons unaware of Departmental structure. We urge that action be taken to change the name to **Geophysical Observatory of Canada (Observatoire Geophysique du Canada)**, because the role of operating geophysical observatories is indeed central to the organization's entire program, while there are ample precedents from distinguished observatories in other countries to show that such a name in no way connotes any reduced emphasis on the other activities.

Under this new name, with links to a distinguished predessor, we visualize the institution as growing in visibility, developing an increased sense of confidence among its staff, and enhancing its place as a world leader among geophysical institutes.

APPENDIX 1
Questionnaire and covering letter

Canadian Geoscience Council
Conseil Géoscientifique Canadien

Earth Physics Branch Review Committee

Program Evaluation of the Earth Physics Branch,
Energy, Mines and Resources, Canada

At the request of the Assistant Deputy Minister, Earth Sciences, Department of Energy, Mines and Resources, the Canadian Geoscience Council has established a committee to evaluate the program of the Earth Physics Branch. One phase of the evaluation involves the analysis of the responses to the enclosed questionnaire. It is therefore extremely important, to ensure a meaningful evaluation, that the questions be answered with care, and that the answers be explained, as necessary, in the spaces for comments.

The committee has designed the questionnaire to cover all the activities of the Branch on a disciplinary basis, and also all the branch outputs which include formal publications and advice given by personal communication. We realize that not every respondent will have had occasion to interact with the Earth Physics Branch in all areas.

The establishment of a distribution list for the questionnaire has not itself been easy. It is being sent to a selection of individuals and organizations, in Canada and in other countries, who are known to have used some of the publications or services of the Branch. If you feel that someone else in your organization would be in a better position to respond, please pass on the questionnaire. The portion of the response that identifies the respondent will be kept confidential within the committee.

On behalf of the committee, I extend our deep appreciation for your time and assistance.

G.D. Garland,
(Geophysics Laboratory, University of Toronto)
Chairman, Canadian Geoscience Council
Earth Physics Branch Review Committee

President
Dr. C.H. Smith
2056 Thistle Crescent
Ottawa, Ontario
K1H 5P5
Tel: (613) 733-3980

Vice-President
Mr. D.W. Organ
Chevron Canada Resources Ltd.
500 - 5th Ave. S.W.
Calgary, Alberta
T2P 0L7
Tel: (403) 234-5462

Past President
Dr. N.R. Morgenstern
Dept. of Civil Engineering
University of Alberta
Edmonton, Alberta
T6G 2G7
Tel: (403) 432-5127

Secretary Treasurer
Mr. W.G. MacLeod
Petro Canada
P.O. Box 2844
Calgary, Alberta
T2P 3E3
Tel: (403) 296-8000

Executive Member
Dr. I. Thomson
P.O. Box 49330
Placer Development Ltd.
Bentall Station
Vancouver, B.C.
V7X 1P1
Tel: (604) 682-7082 Ext. 535

Foreign Secretary
Dr. A.R. Berger
Geological Survey of Canada
601 Bouth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E8
Tel: (613) 995-4927,
4928 or 4929

Executive Director
Dr. J.P. Greenhouse
Dept. of Earth Sciences
University of Waterloo
Waterloo, Ontario
N2L 3G1
Tel: (519) 885-1211, Ext. 3552
or 3231 (Messages)
Telex: 069-55259

INSTRUCTIONS FOR COMPLETING THE QUESTIONNAIRE

In the majority of cases, all that is needed is a check mark in the box(es) corresponding to your answer(s). For other questions you will be asked to circle the appropriate number(s) or to write down your answer(s).

DESCRIPTION OF YOUR BUSINESS/ORGANIZATION

To help us better understand your needs, please complete the following background information questions on yourself/your organization.

1. **Type of business/organization**

- ☐ Primary business — oil and gas exploration
- ☐ Contractor/consultant — oil and gas exploration
- ☐ Primary business — mineral exploration
- ☐ Contractor/consultant — mineral exploration
- ☐ Geophysical instrumentation
- ☐ University
- ☐ Utility (e.g., pipeline, energy)
- ☐ Federal government
- ☐ Provincial government
- ☐ International agency (e.g., World Data Centre, Bureau International de l'Heure)
- ☐ Other (*Please specify*) _____

2. **Please indicate the number of geophysicists, geologists and other geoscientists in your organization (*Please exclude all students*)**

Geophysicists _____

Geologists _____

Other geoscientists _____

3. **Are you answering this questionnaire on behalf of yourself or your organization?**

☐ Yourself ☐ Your organization

USE OF EARTH PHYSICS BRANCH OUTPUTS

4. **Instructions for Question 4 — The questions in this matrix concern the use of Earth Physics Branch outputs by you/your organization. The outputs are grouped according to discipline and include:**

— published papers

— in-house publications (e.g., open files, geomagnetic series, seismological series)

— maps

— raw or processed data, or information supplied on request

— seminars, papers given at symposia

— consultations, communications, verbal and written.

For each types of output please indicate your answers by circling the appropriate numbers for:

Frequency of Use — Please indicate how frequently you/your organization use (s) each type of output. If your answer is "Never", continue with the next type of output listed in the matrix.

Major Use -- Please indicate your/your organization's major use of each type of output.

Importance— Please indicate how important each type of output is to your activities.

Timeliness — Please rate your level of satisfaction with the timeliness of each type of output.

Reliability — Please rate your level of satisfaction with the reliability of each type of output.

If you use an Earth Physics Banch output not listed, please use the space provided at the end of the matrix labelled "Other" to describe the output. Also, provide answers for frequency of use, major use, importance, timeliness and reliability.

4. USE OF EARTH PHYSICS BRANCH OUTPUTS

EARTH PHYSICS BRANCH OUTPUTS	FREQUENCY OF USE				MAJOR USE			IMPORTANCE					TIMELINESS					RELIABILITY				
Data, information and research results on:	At least monthly	At least yearly	Less than once a year	Never	Source of data	Basic science and technology, ideas	Educational	Extremely important	Important	Somewhat important	Not important	Don't know/ no opinion	Very satisfied	Satisfied	Dissatisfied	Very dissatisfied	Don't know/ no opinion	Very satisfied	Satisfied	Dissatisfied	Very dissatisfied	Don't know/ no opinion
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Seismicity and seismic risk (earthquakes)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Other aspects of seismology	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Geothermal energy	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Permafrost and gas hydrates	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Magnetic field of the earth and forecasts of magnetic storms	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Gravity (including gravity maps)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Geodynamics	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Marine geophysics	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Earth structure (seismic, gravity, heat flow, geomagnetic studies)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Geophysical standards, calibration (use of facilities)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Other (*please specify*)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Other (*please specify*)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

5. Do you use the Earth Physics Branch Quarterly Index Supplement? (*See attached example*)

☐ Yes ☐ No

6. Do you use data from World Data Centres which originate from the Earth Physics Branch?

☐ Yes ☐ No ☐ Don't know

If your answers to Questions 4, 5 and 6 indicate that you/your organization do(es) not use Earth Physics Branch outputs, go to Question 7

If your answers to Questions 4, 5 and 6 indicate that you/your organization use(s) Earth Physics outputs, go to Question 8

USE OF EARTH PHYSICS BRANCH OUTPUTS (continued)

7. Why don't you use Earth Physics Branch outputs? (*Check all that apply*)

- ☐ Not aware that they exist
- ☐ Not related to work
- ☐ Problems with the outputs (e.g., poor quality, inadequate coverage)
- ☐ Problems with obtaining the outputs
- ☐ Other (*please specify*) _____

_____

Please elaborate _____

_____

_____

Please go to Question 10

8(a). If the Earth Physics Branch outputs used by you/your organization were not available, would you replace them? (*check the answer that best reflects your situation*)

- ☐ Yes
- ☐ No — could not readily be replaced
- ☐ No — output not important enough to your activities to replace
- ☐ No — replacement would be too costly
- ☐ Other (*please specify*) _____

_____

If your answer to Question 8(a) indicates that you/your organization would replace the Earth Physics Branch outputs, go to Question 8(b)

If your answer to Question 8(a) indicates that you/your organization would not replace the Earth Physics Branch outputs, go to Question 9

8(b). Please indicate which Earth Physics Branch outputs you/your organization would replace.

_____

_____

_____

8(c). Please indicate how you/your organization would replace these Earth Physics Branch outputs, if they were not available. Please state the approximate annual cost that would be incurred.

- ☐ Hire more staff $ _____
- ☐ Spend more on consultant services $ _____
- ☐ Other (*please specify*) $ _____

9. Please provide any comments on Earth Physics Branch outputs. We are particularly interested in learning about the uses which you/your organization make(s) of Earth Physics Branch outputs as indicated in Question 4.

_____

_____

_____

_____

_____

QUALITY OF SERVICE PROVIDED BY PERSONNEL OF THE EARTH PHYSICS BRANCH

The next series of questions concerns the quality of service provided by the personnel of the Earth Physics Branch, and includes personal contacts as well as those by letter or by telephone.

10. When was the last time you dealt with Earth Physics Branch personnel?

- ☐ Recently (less than 3 months)
- ☐ Between 3 and 6 months ago
- ☐ Between 6 months and a year ago
- ☐ More than a year ago: how long ago? _____ years
- ☐ Never (*go to Question 15*)

11. What were the circumstances?

- ☐ Seeking scientific or technical assistance or information
- ☐ Research contract or agreement with the Earth Physics Branch
- ☐ Field contract for the Earth Physics Branch
- ☐ Making use of facilities
- ☐ Joint research project with the Earth Physics Branch
- ☐ Other (*Please specify*) _____

12. How often do you deal with Earth Physics Branch personnel?

- ☐ At least monthly
- ☐ At least yearly
- ☐ Less than once a year
- ☐ Other (*Please specify*) _____

13. Please rate your level of satisfaction with the following services provided by personnel of the Earth Physics Branch. (*Circle the appropriate number*)

Services	*Very satisfied* 1	*Satisfied* 2	*Dissatisfied* 3	*Very Dissatisfied* 4	*Not applicable* 5
Speed of response to requests	1	2	3	4	5
Usefulness of material received	1	2	3	4	5
Adequacy of communications with Earth Physics Branch personnel	1	2	3	4	5
Cooperation of Earth Physics Branch personnel	1	2	3	4	5

4

QUALITY OF SERVICE PROVIDED BY PERSONNEL OF THE EARTH PHYSICS BRANCH (cont'd)

14. Please provide any comments on the services provided by the personnel of the Earth Physics Branch.

_____

_____

_____

_____

_____

PROGRAM OF THE EARTH PHYSICS BRANCH

Questions 15 to 17 seek your opinions on the type of work and activities of the Earth Physics Branch.

15. Which of the following activities should be part of the mandate of the Earth Physics Branch? (*Please indicate your answer by checking "Yes" or "No"*)

Activity	Yes	No	Please specify which organization (private or government) should have this responsibility
Operation of observatories	☐	☐►	_____
Conduct of field surveys	☐	☐►	_____
Establishment of field standards	☐	☐►	_____
Reduction and interpretation of field data	☐	☐►	_____
Conduct of basic research (e.g., dynamics of the Earth's crust, geomagnetic field models)	☐	☐►	_____
Preparation of national maps of geophysical data	☐	☐►	_____
Maintenance of calibration facilities	☐	☐►	_____
Maintenance of national data bases (e.g., magnetic observatory data, gravity and crustal motion data)	☐	☐►	_____
Issuance of warnings of geophysical hazards	☐	☐►	_____
Publication of data and information on any of the items in this list	☐	☐►	_____

PROGRAM OF THE EARTH PHYSICS BRANCH (continued)

16. **Are there any other activities that the Earth Physics Branch should undertake?**

☐ Yes ☐ No

(Please comment)

17. **Do you have any suggestions for improving the outputs and services provided by the Earth Physics Branch?**

IDENTIFICATION AND BACKGROUND

18. **To help us better understand your responses, please provide the following background information. The information will be used strictly for follow-up purposes (i.e., if we have any questions about your responses or suggestions, we may contact you for clarification).**

Name of respondent: _____

Title/Position: _____

Name of Organization: _____

_____

Location/Address: _____

_____

_____

_____

Telephone: _____

Thank you for your time and cooperation.

Please return this questionnaire, using the self-addressed envelope, to:

The Secretary
Earth Physics Branch Review Committee
c/o Program Evaluation Branch
Department of Energy, Mines and Resources
580 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E4

APPENDIX 2
List of survey participants

NAME	ORGANIZATION	LOCATION
ADAMS, David H.	Cominco Exploration	Calgary
AQUIN Thomas	Lmbds - Sidam Inc.	Montreal
ARAKI, Tohru	Koyoto Univ., Faculty of Sci.	Japan
BAILEY, R.C.	Univ. of Toronto, Dept. of Physics	Toronto
BARCLAY, W.	W.A. Barclay Exploration Services Ltd	Kingston
BARCLAY, William	Trilogy Resource Corp.	Calgary
BARLOW, R.B.	Ont. Geol. Survey, Geophy, Geo chem D.	Toronto
BATE, Simon	MPH Consulting Ltd.	Toronto
BECK, Alan E.	Univ. of Waterloo, Dept. of Geophys.	London
BECKER, A.	Univ. of California	Cal. USA
BEDIZ, P.I.	Bediz Expl. Cons. Ltd.	Calgary
BELL, T.	Drummond Petroleum Ltd.	Calgary
BERG, Brian A.	Energenics Exploration Ltd.	Calgary
BERGER, Milford L.	Texaco Canada Resources Ltd.	Calgary
BERUBE, Pierre	Sa gax Geophysique Inc.	Montreal
BLACKWELL, David	Sou. Methodist Univ., Dept. Geol. Sci.	Texas, U.S.A.
BLASCO, Steve	Geological Survey of Can., BIOG	Dartmouth
BLENKINSOP, John	Carleton Univ., Geology Dept.	Ottawa
BLUNDELL, D.J.	Chelsea Coll., Geology Dept.	London, Eng.
BOEY, Peter K.	Champlin Petroleum Co.	Calgary
BOTTOS, Frank	Urtec Instrument Sales	Markham
BOUILLON, Andre	Service D'Amenagement	Quebec
BRADLEY, Ward J.	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
BRAGG, John	Seis - Pro & Consultants Ltd.	Calgary
BRISTER, M.	Husky Oil Operations	Calgary
BRUNDRIT, Dr.	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary
BRUNE, James	Inst. Geophysics & Plan Physics	Cal. U.S.A.
BRUNETTI, Gino	Factory Mutual Engineering Assoc.	Cote St. Luc
BUCHANAN, R.G.	B.C. Govt., Min. of Transport	Victoria
BURKE, K.	Univ. of N.B., Dept. of Geol.	Fredericton
BURR, Douglas C.	Aqua Terra Consultants Ltd.	Calgary
BURTON, Garth B.	Garth B. Burton & Assoc.	Toronto
BURWASH, Ronald	Univ. of Alta., Dept. of Geol.	Edmonton
CAMERON, G.W.	Geological Survey of Canada	Ottawa
CAMPBELL, Douglas D.	Dolmage Campbell & Assoc (1975) Ltd.	Vancouver
CAMPBELL, Ralph H.	Texaco Canada Resources Inc.	Calgary
CANNON, Wayne H.	York University	Downsview
CARD, K.D.	Geol. Survey of Canada	Ottawa
CARSWELL, Duncan A.	Compagnie Generale de Geophysique	Calgary
CARTWRIGHT, Paul	Phoenix Geophysical Ltd.	Vancouver
CASS, Richard	Arvec Consulting Ltd.	Calgary
CAVEN, Robert J.		Don Mills
CHAKRACARTTY, Gopa	Esso Resources Can. Ltd.	Calgary
CHANDRA, James J.	Dept. of Nat. Resources, Geol. Surveys	Fredericton
CHAPMAN, David S.	Univ. of Utah, Dept. Geol. & Geophys.	Utah, U.S.A.
CHARLWOOD, R.G.	Klohn Leonoff Ltd.	Richmond
CHASE, Richard	Univ. of B.C., Dept. Geol. Sci & Oceon.	Vancouver
CHEN, David	Pan Canadian Petroleum Ltd.	Calgary
CHORNOPSKY, M.L.	Cdn. Reserve Oil & Gas Ltd.	Calgary
CHUNG HAI-MAN	Cdn. Superior Oil Ltd.	Calgary
CLARKE, Garry K.C.	Univ. of B.C., Dept. of Geo. & Ast.	Vancouver
CLINCK, John W.	Geophysical Services Inc.	Calgary
COLLETT, Leonard	Geol. Survey of Canada	Ottawa
COLVIN, Douglas J.	Anadarko Petroleum of Can. Ltd.	Calgary
COOPER, Norman M.	Mustagh Resources Ltd.	Calgary
CORBETT, J.D.	The Anaconda Co.	Colorado,USA
CRAIG, William A.	Husky Oil International Inc.	Calgary
CRONE, J. Duncan	Crone Geophysics Ltd.	Mississauga
CROSSLEY, David	McGill University	Montreal
CROUS, C.M.	Aberford Resources Ltd.	Calgary
CUMMING, G.L.	Univ. of Alta., Dept. of Physics	Edmonton

NAME	ORGANIZATION	LOCATION
DAHLMAN, O.	Res. Inst. of Nat. Defence	Sweden
DALY, Dennis J.	Home Oil Company Ltd.	Calgary
DARGIE, Barrie G.	Tricentrol Oils Ltd.	Calgary
DARNLEY, Arthur G.	Geol. Survey of Canada	Ottawa
DAVIES, Carole E.	Alberta Energy Co.	Calgary
DAVIES, J.L.	Mineral Resources Branch	Bathurst
DAVIS, Thomas L.	Colorado School of Mines	Col. U.S.A.
DAVITT, W.E.	Chevron Canada Resources Ltd.	Calgary
DE CAEN, R.F.B.	Husky Oil	Calgary
DELLECHAIE, Frank	O'Brien Resources Corp.	Cal. USA
DENSMORE, A.A.	Geol. Survey of Canada	Calgary
DERBOWKA, Robert M.	Shell Can. Resources Ltd.	Calgary
DERRY, Duncan R.	Derry, Michener, Booth & Wahl	Toronto
DEUTSCH, Ernst R.	Memorial Univ. of Nfld.	St. John
DIORIO, Peter	Utah Mines Ltd.	Toronto
DMITROCA, Walter	Mobil Oil Canada Ltd.	Calgary
DOREY, Kathleen	Boyd Exploration Consultants Ltd.	Calgary
DORNIAN, Nick	Dornian Consultants Ltd.	Calgary
DOSSO, H.W.	Univ. of Victoria, Dept. of Physics	Victoria
DOUGLAS, A.	UK Ministry of Defence	UK
DOWHANIUK, James	Can. West Nat. Gas Co. Ltd.	Calgary
DOYLE, Michael E.	Dome Petroleum Ltd.	Calgary
DRUMMOND, Kenneth J.	Mobil Oil Canada Inc.	Calgary
DRUMMOND, F.M.	Amoco Can. Petroleum Co. Ltd.	Calgary
DU BERGER, Reynold	Univ. du Que. A Chicoutimi	Chicoutimi
DUFF, Gordon C.	Atomic Energy of Canada	Mississauga
DUNCAN, D. R	Morrison Beatty Ltd.	Toronto
DUNLOP, D.J.	Univ. of Toronto, Dept. of Physics	Toronto
EBEL, John E.	Weston Obs., Boston College	Mass., U.S.A.
EBNER, Erwin	Petro-Canada Resources	Calgary
EHRLICH, Marvin	Marvin Ehrlich Consult. Eng.	Washington,USA
EINARSSON, T.D.	Geophysical Service Inc.	Texas,USA
ELLWOOD, Brooks B.	Univ. of Georgia, Dept. Geology	Ga. U.S.A.
ENG, George	Placer Cego Petroleum Ltd.	Calgary
EVANS, A.H.	Amoco Petroleum Corp.	Calgary
EWING, G.N.	Dept. of Fisheries & Oceans	Ottawa
FARQUHAR, R.M.	Univ. of Toronto, Physics Dept.	Toronto
FARRAR, Edward	Queens Univ., Dept. of Geol. Sc.	Kingston
FENWICK, D.K.Bruce	Voyager Petroleums Ltd.	Calgary
FERRIS, Craig	Gravimetrics Inc.	Okla. USA
FILO, John J.D.	Cambrian College	Sudbury
FISCHER, Alfred	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
FISCHER, Gaston	Observatoire Cantonal	Suisse
FOLINSBEE, R.Allin	Petro Canada	Calgary
FOO, Wayne	Chevron Canada Resources Ltd.	Calgary
FORTIN, Gilles	Geomines Ltée	Montréal
FRANCHETEAU, Jean	Deolen Locmaria-Plouzane	France
FULOP, Joseph (Rev.SJ)		Toronto
FURLONG, Kevin P.	Penn. State Univ.,Dept. Geoscience	Pa. U.S.A.
GAGNON, Pierre	Univ. Laval, Dept. Geodesie et Cart.	Quebec
GAUCHER, Edwin	E. Gaucher & Associates	St. Foy
GENDZWILL, Don	Univ. of Sask., Dept. of Geology	Saskatoon
GIRDLER, Dr. R.W.	School of Physics	U.K.
GLOVER, Wayne	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary
GREENHOUSE, John	Univ. of Waterloo, Dept. Earth Sc.	Waterloo
GREF, Beverley S.	Petro-Canada	Calgary
GREGORY, A.F.	Gregory Geosciences Ltd.	Ottawa
HAJNAL, Z.	Univ. of Sask., Dept. of Geol. Sci.	Saskatoon
HALLE, Francois	Mesures d'Urgences Municipales	Valleyfield
HALPENNY, Frank	Cdn. Superior Oil Ltd.	Calgary
HALVORSEN, R.A.	Suncor Inc. Resources Grp.	Calgary
HARROW, G.A.	Dupont of Can. Explor. Ltd.	Vancouver
HAWORTH, Richard T.	Instit. of Geol. Sciences	U.K.

NAME	ORGANIZATION	LOCATION
HAYATSU, A.	Univ. of Western Ont.,Dept.Geoph.	London
HAYLES, J.G.	Atomic Energy of Canada Ltd.	Ottawa
HEDGES, J.R.	Export Development Corp.	Ottawa
HENDRY, Ken	Cominco Ltd.	Toronto
HENLEY, David C.	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary
HERRMANN, Robert B.	St. Louis Univ., Dept. Earth & At.Sc.	Miss., U.S.A.
HERZ, Alex	Hertz Industries Ltd.	Toronto
HINCH, Alan J.	A.J.Hinch Consultants Ltd.	Calgary
HOBSON, G.D.	Polar Continental Shelf Project	Ottawa
HOFFMAN, Paul F.	Geological Survey of Canada	Ottawa
HOLDER, Andrew P.	Home Oil Co. Ltd.	Calgary
HONG, Marie	Chevron Canada Resources Ltd.	Calgary
HORNE, E.A.	Rangland Resources Ltd.	Calgary
HORNFORD, H.E.	H.E.Hornford Geophysical Cons.	Calgary
HOWELL, Eric C.	Norcen Energy Resources Ltd.	Calgary
HOWELLS, Kenneth	N.S. Research Foundation, Geo.Div.	Dartmouth
HRYCYK, Victor W.	Regency Resources Ltd.	Calgary
HUME, James R.	Home Oil Co. Ltd.	Calgary
HUNTLEY, Ross	BP Exploration Can. Ltd.	Calgary
HUTCHISON, Dave	NAJ Exploration Ltd.	Calgary
JACKSON, J.H.	Teledyne Exploration Ltd.	Calgary
JACKSON, H.Ruth	Atlantic Geosc. Centre	Dartmouth
JAGODITS, F.C.	Excalibur Int. Cons. Ltd.	Mississauga
JAIN, Sudhir	Commonwealth Geoph. Dev.C.	Calgary
JENSEN, Oliver G.	McGill Univ., Dept. of Geol. Sc.	Montréal
JOHNSON, Ian M	Scintrex Ltd.	Concord
JOSE, Barrie F.	Esso Resources Canada Ltd.	Calgary
JUSTICE, James	Univ. of Cal.,Dept. of Geol. & Geophys.	Calgary
KANAMORI, H.	California Inst. Seismological Lab	Cal. USA
KATAY, John	Petro Canada Exploration Inc.	Calgary
KATIGEMA, F.D.	Sunco Inc. Resources Grp.	Calgary
KAY, Anthony	Hardy Associates (1978) Ltd.	Calgary
KEEN, C.E.	Atlantic Geoscience Centre	Dartmouth
KELSCH, W. Lorne	Pan Canadian Petroleum Ltd.	Calgary
KERR, Aubrey	AK Assosciates Ltd.	Calgary
KHAN, Dr. N.A.	Bennett Bldg., The Univ.,Dept.Geol.	U.K.
KIERULF, Frederick	Husky Oil Operations Ltd.	Calgary
KILTY, S.	Dighem Ltd.	Toronto
KIM, Issac	Scripps Instit. c/Oceanography	Ca. USA
KIMMINS, Reginald L.	Mobil Oil Canada Ltd.	Toronto
KIRKBY, S.C.	EDA Instruments Inc.	Toronto
KLASNER, John	Dept. Geol., West Illinois Univ.	Ill., U.S.A.
KNAPIK, Dennis W.	D. Knapik Geophysics Ltd.	Calgary
KNOLL, Frank	Nicolet, Chartrand, Knoll	Montreal
KONINGS, Marcel H.	Questor Surveys Ltd.	Mississauga
KRAMERS, J.W.	Alta. Research Council	Edmonton
KRAUSE, B.R.	Cdn. Nickel Co. Ltd.	Copper Cliff
KREBES, Edward S.	Univ. of Calg., Dept. Geol.& Geoph.	Calgary
KROUSE, H. Roy	Univ. of Calgary, Physics Dept.	Calgary
KRYZAN, Andrew Z.	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
LACHAPELLE, Gerard	Nortech Surveys (Canada) Inc.	Calgary
LAHR, John	U.S. Geol. Survey, Off. of Earthqu.	CA., USA
LAING, William E.	Conoco Inc.	Texas, USA
LANGE, A.G.	Sask. Oil	Regina
LANGLEY, Richard B.	Univ. of N.B.,Dept. of Survey Eng.	Fredericton
LAURIDSEN, E.Kring	Danish Meteorological Institute	Denmark
LAWTON, Dr. D.C.	Univ. of Cal., Dept. of Geol. & Geoph.	Calgary
LAZIB, Andre A.	Pan Canadian Petroleum Ltd.	Calgary
LEBLANC, Gabriel A.	Weston Geophys. Corp.	Mass. U.S.A.
LECOMTE, Paul	Hydro-Quebec	Montreal
LEE, Albert	Cdn. Superior Oil Ltd.	Calgary
LIZOTTE, Henri	Soquip	Ste. Foy

NAME	ORGANIZATION	LOCATION
LEE, L.O.	Canada Exploration Ltd.	Calgary
LESLIE, John A.	Geological Consultants	Bedford
LEWIS, Alan C.	Husky Oil Operations Ltd.	Calgary
LEWIS, C.F.M.	GSC, Atlantic Geoscience Centre	Dartmouth
LIMION, H.	Newmont Expl. of Can. Ltd.	Toronto
LINARD, John R.	Shawinigan Consultants Inc.	Montréal
LINDSETH, Roy	Teknica Resources Dev.	Calgary
LINSSER, Helmut	Linsser Geophysical Services	Calgary
LIZOTTE, Henri	Soquip	Ste-Foy
LODHA, Ganpat S.	Canterra Energy Ltd.	Calgary
LUND, John W.	Oregon Inst. Tech.,Geo-Heat Util. Ctr.	Oregon,USA
MACDONALD, W.D.	S.U.N.Y., Dept. Geology	NY, U.S.A.
MACKEITH, Neil J.	Bow Valley Industries Ltd.	Calgary
MACNAB, Ron	Bedford Institute of Ocean.	Dartmouth
MADOKORO, Dennis G.	Skandia Reinsurance	Toronto
MAIR, J.A.	Dome Petroleum	Calgary
MAJUMDAR,S.C.	Esso Resources Canada Ltd.	Calgary
MARKS, Larry W.	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary
MATHEWS, W.H.	Univ. of B.C., Dept. of Geology	Vanc.
MATTHEWS, Larry	Amoco Canada Petroleum Co. Ltd.	Calgary
MAYER, G.M.	Ivaco Inc.	Marieville
MAYERS, I. Richard	Suncor Inc.	Calgary
MCCAFFREY, Greg	Golden Eagle Oil & Gas Ltd.	Calgary
MCCANCE, John A.		Willowdale
MCKELLAR, Roger	Pika Marine Enterprises Ltd.	Vanc.
MCKEVITT, W.E.	H.A. Simons Internat. Ltd.	Vanc.
MCMULLAN, S.R.	Uranerz Expl. & Mining Ltd.	Saskatoon
MCNEILL, J.D.	Geonics Ltd.	Mississauga
MEREU, R.F.	Univ. of Western Ont.,Dept. Geoph.	London
MILNE, V.G.	Ontario Geological Survey	Toronto
MONAHAN, David	Cdn. Hydrographic Service,EMR	Ottawa
MOON, Wooil	Univ. of Manitoba, Dept. Earth Sc.	Winnipeg
MORAVER, A. R.	Carleton Univ., Geol. Dept.	Ottawa
MORELLI, Carlo	Univ. di Triese, Inst. Miniere Geof.	Trieste,Italy
MORGAN, K.A.		Willowdale
MORGAN, Paul	Purdue Univ., Dept. Earth Sc.	IN., U.S.A.
MORRIS, Drew	Union Oil Company of California	Alaska
MORRIS, Leslie D.	Geomagnetic Data Centre	Boulder,Co.
MORROW, William	Amoco Canada Petroleum Co.Ltd.	Calgary
MURRAY, Gordon H.	North West Hydrographic Surveys Ltd.	Surrey
NATRUE, L.	Pan Canadian Petroleum	Calgary
NELSON, C.S.	Esso Resources (Can.) Ltd.	Calgary
NICHOLLS, James	Univ. of Calgary, Geol & Geophys. Dept.	Calgary
NYBERG, C.B.	Gulf canada Resources Ltd.	Calgary
NYLAND, Edo	Univ. of Alta., Inst. of Earth & Pl.Ph.	Edmonton
OAKLEY, William	W.M. Oakley & Associates Ltd.	Calgary
O,BRIEN, L.J.	EMR, Surveys & Mapping, Geodetic Div.	Ottawa
OLDENBURG, Doug	Univ. of B.C., Dept. Geoph. & Ast.	Vanc.
OLSEN, Elizabeth A.	Cdn. Occidental Petroleum	Calgary
OPDYKE, Neil D.	Univ. of Florida, Dept. of Geol.	Florida, USA
ORGNERO, U.J.	Amoco Canada Petroleum Co.	Calgary
ORR, Archie C.	Empress Exploration Consult.	Calgary
O'HARA, Thomas F.	Yankee Atomic Electric Co.	Ma., USA
PALMASON, Gudmundur	Orkustofnun, Grensasvegur	Iceland
PAMENKA, J.	Dome Petroleum	Calgary
PAP, Andrew	Amoco Canada Petroleum Co. Ltd.	Calgary
PAPAZACHOS, B.C.	Univ. of Thessaloniki, Geophys.Lab.	Greece
PARROTT, Richard J.E.	Oil Co. of Australia, N.L.	Australia
PARSNEAU, Paul	Dome Petroleum Ltd.	Calgary
PATERSON, Norman R.	Paterson, Grant & Watson Ltd.	Toronto
PAVLIK, Bohuslav	Urtec Ltd.	Markham
PAYNE, J.G.	RMB Technical Services Ltd.	Montreal West
PEIRCE, Dr. J.W.	Gravity Magnetics Group	Calgary

NAME	ORGANIZATION	LOCATION
PELLETIER, B.R.	Geological Survey of Canada	Ottawa
PELTIER, W.R.	Univ. of Toronto, Dept. Physics	Toronto
PEMBERTON, R.H.	Noranda Exploration Ltd.	Toronto
PEZZARO, T.A.	TA Pezzaro and Assoc. Ltd.	Calgary
PHILLIPS, Bonnie	Union Texas Petroleum	Texas, U.S.A.
PINCHIN, Edwin J.	Merland Explorations Ltd.	Calgary
PITCHER, Douglas	Ontario Geological Survey	Toronto
POCZYNIAK, C.A.	Carruthers & Wallace Ltd.	Rexdale
PODMORE, Francis	Univ. Zimbabwe, Physics Dept.	Zimbabwe
PORTSMOUTH, Jackie	Canadian Superior Oil Ltd.	Calgary
POWERS, William H.	Marsus Exploration Ltd.	Halifax
PROCTER, J.E.	Dome Petroleum Ltd.	Calgary
PROVINS, D.	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
PUNSTEL, Neil O.	Geo. Instruments	Tottenham
RANALLI, G.	Carleton Univ., Dept. Geology	Ottawa
RAPP, Richard H.	Ohio State Univ., Dept. Geodetic Soc.	Ohio, U.S.A.
READ, Peter B.	GeoTex Consultants	Vancouver
READER, John F.	Nevin Sadlier - Brown Goodbrand Ltd.	Vancouver
RECTOR, R.J.	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
REDEKOP, Glen	Canadian Superior Oil Ltd.	Calgary
REDMOND, W.R.	Enertec Geophysical	Calgary
REESOR, T.R.	Chevron Canada Resources Ltd.	Calgary
REILLY, George A.	Urangesellschaft Canada Ltd.	Toronto
RILEY, C.J.	Eldorado Resources Ltd.	Ottawa
ROBB, G.A.	Home Oil Company Ltd.	Calgary
ROSE, Jeff	Texaco Canada Resources Ltd.	Calgary
ROTH, Murray	Geophysical Services Inc.	Calgary
RUFFMAN, Alan	Geomarine Assoc. Ltd.	Halifax
RUSH, Charles M.	Institute of Telecomm. Science	Co., USA
RUSSELL, R.D.	Univ. of B.C.,Dept.Geoph. & Ast.	Vancouver
RUSSELL, David J.	Forest Oil Corp.	Ok., USA
RUSSELL, Brian H.	Veritas Seismic Ltd.	Calgary
RUYGROK, Gerald M.	Mobil Oil Canada Ltd.	Toronto
SAMSON, Laval	Terratech, une div. de SNC Inc.	Montréal
SAVAGE, P.J.	Pan Canadian Petrol	Calgary
SAWYER, Charles S.	Merland Explorations Ltd.	Calgary
SAWYER, Chester G.	Rochester Resources Ltd.	Calgary
SAXOV, Svend	Findlandsgade 6, Lab Geophysics	Denmark
SCLATER, John G.	Mass. Inst. of Tech.	Mass.,U.S.A.
SCOTT, W.J.	Hardy Associates (1978) Ltd.	Calgary
SEXSMITH, R.	Riocanex Ltd.	Toronto
SHAW, Kenneth L.	Union Oil Company of Canada Ltd.	Calgary
SHEPPARD, R.H.	Ameranda Minerals Corp.	Calgary
SINGH, Ronald	Mountain Minerals Co. Ltd.	Lethbridge
SLAYMAKER, Olav	Univ. of B.C., Dept. Geography	Vancouver
SMITH, James A.	J.A.S. Explor. Conslt. Ltd.	Calgary
SNEDDON, D.T.	Alta. Forest Service	Spruce Grove
SOUTHER, J.G.	Geological Survey of Canada	Vancouver
STANGER, Ron	Mobil Oil Canada Ltd.	Calgary
STAUDER, J.	B.C. Hydro & Power Auth.	Vancouver
STAUFFER, M.R.	Univ. of Sask.,Dept. Geol. Sc.	Saskatoon
STEENLAND, Nelson C.	Geophysical Explor. Corp.	Texas,USA
STEMP, R.W.	Kenting Earth Sciences Ltd.	Ottawa
STEPHENSON, R.	Australian Nat. Univ.	Australia
SWAB, M.E.	M.E. Swab Holdings Ltd.	Calgary
SYDORA, Larry J.	Chevron Geosciences Ltd.	Cal.,USA
SYKES, Gerald J.	ICG Vista Resources Ltd.	Calgary
SYMONS, D.T.A.	Univ of Windsor, Dept. Geology	Windsor
SZEWCZYK, Z.J.	Mobil Oil Explor. S.E.	Louis, USA
TESKEY, D.J.	Geological Survey of Canada	Ottawa
TESSMAN, John D.	Western Geophysical Co. of Can.	Calgary
THOMPSON, J.G.	Panarctic Oils Ltd.	Calgary

NAME	ORGANIZATION	LOCATION
THOMSON, David James	Defense Research Establishment Pacific	Victoria
THORNTON, J.	Placer Development Ltd.	Vancouver
THORPE, Ralph	Geological Survey of Canada	Ottawa
THORPE, John E.	Canterra Energy Ltd.	Calgary
THURSTON, P.C.	Min. of Nat. Res.	Toronto
TIMLECK, P.	Communications Res. Ctr.	Ottawa
TREMBLAY, Pierre	Petro Canada Explorations Inc.	Calgary
UFFEN, J. Douglas	Texaco Canada Resources Ltd.	Calgary
VAN EVERDINGEN, R.O.	National Hydrology Research Inst.	Calgary
VAN HEES, Ec	Pamour Porcupine Mines Ltd.	Timmins
VAN WAGONER, Nancy A.	Acadia Univ., Dept. of Geology	Wolfville
VERDIEL, M.A.	Amoco Canada Petroleum Co. Ltd.	Calgary
VIGRAS, Laurence W.	Univ. of Regina, Dir. of Energy Res.	Regina
VOHRA, D.R.	Petro Canada Exploration Inc.	Calgary
VON ENGELHARDT, Wolf	Mining Petrograph Institute	West Germany
WALKER, James A.	Walker Exploration Ltd.	Mississauga
WALMSLEY, Mark E.	Pedology Consultants	Victoria
WASILENKOFF, J.M.	Energics Explor. Ltd.	Calgary
WATANABE, T.	Univ. of B.C., Dept. Geophys. & Ast.	Vancouver
WATSON, J.C.	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary
WEBER, W.	Min. Res. Div.	Manitoba
WEIR, H.	Memorial University, Dept. Physics	St. Johns
WEIR, Ronald M.	Norcen Energy Resources Ltd.	Calgary
WELCH, Donald E.	Golder Associates	Mississauga
WEST, G.F.	Univ. of Toronto, Dept. Physics	Toronto
WHITAKER, Sidney H.	Atomic Energy, Whiteshell Nuclear Res.	Pinawa
WHITE, Dwaine	Kahnawake Dev. Res. Prog.	Kahnawake
WHITING, Pat	Pegasus Earth Sensing Corp.	Calgary
WICHERTS, Eric	Amoco Canada Petroleum	Mo., U.S.A.
WILCOX, Dr. L.	Defense Mapping Agency Aerospace Centre	St. Johns
WILLIAMS, H.	Memorial University, Dept. Geology	Calgary
WILSON, J.R.	Comer & Wilson Ltd.	Calgary
WINSOR, Robin	Gulf Canada Resources Ltd.	Toronto
WITHERLEY, Ken	Utah Mines Ltd.	Winnipeg
WONG, C.L.	Dept. of Highways & Transportation	Winnipeg
WOODFORD, Dennis	Manitoba Hydro	Dartmouth
WOODSIDE, J.M.	Atlantic Geoscience Centre	Scarborough
WOOTON, Arthur	The Consumers Gas Co. Ltd.	Calgary
WREN, Easton	Petrel Consultants Ltd.	St. Johns
WRIGHT, James A.	Memorial University, Dept. Physics	Toronto
WRIGHT, James L.	Sulpetro Minerals Ltd.	Calgary
YOUNG, Keith	Alberta Energy Co. Ltd.	Calgary
ZOETEMELK, J.M.A.	Shell Canada Resources Ltd.	

CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE CANADIEN

RAPPORT DU COMITÉ D'EXAMEN DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE

préparé par
LE COMITÉ D'EXAMEN
Président G.D. Garland
Membres G. Lachapelle, O. Nuttli, R.D. Russell, J.H. Sass, P.J. Savage et K.K. Wing

Publié pour le compte du Conseil par la Commission géologique du Canada en tant que l'Étude 87-24

Canada

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA
ÉTUDE 87-24

RAPPORT DU COMITÉ D'EXAMEN DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE

préparé par
LE COMITÉ D'EXAMEN
Président: G.D. Garland
Membres: G. Lachapelle, O. Nuttli, R.D. Russell,
J.H. Sass, P.J. Savage et K.K. Wing

1987

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés et autres librairies

ou par la poste au

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

et aussi aux:

Bureaux de la Commission géologique du Canada,

601, rue Booth,
Ottawa, K1A 0E8

3303-33rd Street N.W.,
Calgary (Alberta) T2L 2A7

100 West Pender Street
Vancouver (Colombie-Britannique) V6B 1R8

Un exemplaire en consignation de la présente publication
est également disponible dans les bibliothèques publiques
à travers le Canada.

N° de catalogue M44-87/24F — Canada: $5.00
ISBN-0-660-53888-1 — Hors Canada: $6.00

Prix sujet à changement sans avis préalable

TABLE DES MATIÈRES

Page	
1	Réponse au rapport du Conseil des sciences de la Terre sur la Direction de la physique du globe
1	Introduction
1	Recommandations
7	Rapport du comité d'examen de la Direction de la physique du globe
7	Sommaire et recommandations
10	I Le comité : nomination, composition, mandat
11	II Les sept taches du comité
14	III Historique de la Direction de la physique du globe
18	IV Sondage auprès des utilisateurs
21	V Rapports entre la DPG et les organismes gouvernementaux, l'industrie et les universités
25	VI Analyse de domaines particuliers
33	VII Conclusion
37	Annexe 1. Questionnaire et préamble
48	Annexe 2. Liste des participants à l'enquête

RÉPONSE AU RAPPORT DU CONSEIL CANADIEN DES SCIENCES DE LA TERRE SUR LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE

INTRODUCTION

Le concept de la fusion de la Direction de la physique du globe (DPG) et de la Commission géologique du Canada (CGC) a fait l'objet de discussions tant officielles qu'officieuses ces dernières années. Tout particulièrement, lors de l'examen des services votés de la CGC, en 1982, on a recommandé que la haute direction examine cette question. En 1985, le Groupe de travail ministériel sur l'examen des programmes est revenu sur le sujet. Se fondant sur les recommandations de ce Groupe, le gouvernement a décidé à la fin de 1985 que le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources devrait éliminer le programme de géothermie de la DPG, réduire les ressources de cette Direction de 10 % par rapport aux niveaux de 1985-1986 et fusionner la DPG et la CGC. Il a également demandé à la direction d'envisager une restructuration de la « nouvelle » Commission géologique en quatre organismes pluridisciplinaires. La haute direction a donc décidé de planifier et de mettre en oeuvre ces changements le plus tôt possible, afin d'en réduire les répercussions sur le personnel. L'essentiel des changements a été apporté le 1er avril 1986.

Il en résulte donc que la Direction de la physique du globe, telle qu'elle a été examinée par le comité d'examen du Conseil canadien des sciences de la Terre, n'existe plus. Toutefois, toutes ses composantes ont été intégrées à la Commission géologique du Canada. Les réponses aux recommandations du comité d'examen du Conseil canadien des sciences de la Terre portent donc principalement sur le rôle de la géophysique et des programmes connexes au sein de cette nouvelle structure.

RECOMMANDATIONS

1. **Que la Direction de la physique du globe soit reconnue comme le centre d'élaboration des services gouvernementaux dans le domaine de la géophysique;**

   La Commission géologique du Canada joue maintenant ce rôle. Comme il est extrêmement important de tenir à jour les bases de données géoscientifiques nationales et les programmes géophysiques nationaux, une Division de la géophysique a été créée. Cette division se charge de l'entretien des bases de données et des réseaux d'observatoires nationaux dans les domaines de la sismologie, du géomagnétisme, de la gravité et de la géodynamique, de la réalisation de recherches sur la croûte terrestre et la géophysique globale et de la fourniture de laboratoires géophysiques aux fins d'entretien et de mise au point d'instruments. Un poste de géophysicien en chef a été créé dans le but de promouvoir et d'améliorer le secteur de la géophysique à la Commission géologique. Le titulaire du poste est précisément chargé entre autres d'élaborer des politiques et des procédures visant à favoriser l'excellence des recherches géophysiques au sein de la Commission géologique du Canada et de conseiller le directeur général sur tous les aspects des activités géophysiques entreprises par l'organisme.

2. **Que soient établis des mécanismes pertinents d'échange et de collaboration mutuelle entre les groupes qui travaillent dans les domaines de la géophysique et de la géodésie.**

   Le comité d'examen s'est penché sur de nombreux aspects des relations entre la DPG et d'autres organismes. La fusion de cette Direction et de la CGC, de même que la réorganisation en quatre unités pluridisciplinaires, a considérablement renforcé les anciens liens, principalement en rapprochant les géophysiciens et les géologues, leur permettant ainsi d'orienter leur action vers des problèmes et des objectifs géoscientifiques communs. En même temps, comme le rendement scientifique, en géophysique, dépend beaucoup des communications et des interactions, la vaste majorité des anciens groupes et activités de la Direction, à Ottawa, demeurera dans le complexe de l'Observatoire. On envisage également d'autres possibilités, comme le regroupement des services de levés aéromagnétiques dans le complexe de l'Observatoire.

   Les relations avec les organismes de l'extérieur sont excellentes et seront améliorées dans la mesure du possible (par exemple, USGS — Great Lakes Seismic Experiment; Université de Toronto — méthode d'étude électromagnétique MOSES, LITHOPROBE; industrie —

instruments de sismique-réfraction, véhicules télécommandés (ROV), SeaBed II). Pour ce qui est du lien précis que le comité d'examen recommandait d'établir entre la géophysique et la géodésie, la direction estime qu'à cause de l'utilisation de matériel commun et de la réalisation de programmes conjoints, la fusion ne nuira pas vraiment aux relations de travail étroites qu'entretenaient le Service de la géodynamique de la Division de la géophysique et la Division des levés géodésiques. À titre d'exemple, en 1986, une grande étude conjointe sera effectuée sur l'île de Vancouver, afin de déterminer les contraintes dans les régions où les risques de séismes sont élevés.

3. **Que l'on envisage de donner à l'organisme le nom « Observatoire géophysique du Canada », qui décrirait adéquatement son rôle et son mandat.**

Diverses variantes de ce nom ont fait l'objet de longues discussions au cours de la réorganisation, mais il en est ressorti que l'appellation « Division de la géophysique » correspond exactement au rôle de ce nouveau service de la Commission. Toutes les autres activités qui ont trait à la géophysique sont sous-entendues dans le nom « Commission géologique du Canada ».

4. **Que l'article suivant soit ajouté à la Loi sur les ressources et les relevés techniques : le Ministre contrôle, gère et administre tous les observatoires géophysiques entretenus par le gouvernement du Canada.**

On examinera l'utilité d'un tel changement et des sources possibles de conflit avec le Conseil national de recherches au sujet de la définition « d'observatoire géophysique », lorsque d'autres modifications à la Loi seront envisagées.

5. **Que la Direction de la physique du globe cherche à mieux se faire connaître, par des publications dans des revues spécialisées non techniques et des conférences régionales sur des sujets de géophysique très prisés.**

Il est évident qu'étant donné les changements résultant de la réorganisation, il faudra accroître les efforts dans le domaine des relations publiques, afin de ne pas laisser croire à une réduction de la qualité des activités et des recherches en géophysique au sein du gouvernement fédéral. Deux nouvelles activités ont été entreprises dans ce domaine : la production d'un Atlas géophysique du Canada (séries de cartes géophysiques à petite échelle compilées à partir de données numériques) et un volume intitulé « The Geophysical Framework of Canada ». Le géophysicien en chef coordonnera ces deux activités de la Commission géologique. Une nouvelle édition de la brochure très prisée « Looking Inside the Earth » sera bientôt publiée, de même qu'une série de fiches techniques sur les tremblements de terre. La Commission prépare également deux vidéos sur la dorsale Juan de Fuca et les risques de tremblements de terre.

6. **Que le mandat de la DPG soit élargi de manière à inclure les domaines de recherche fondamentale qui, sans toucher directement à la géophysique de la croûte de la masse continentale du Canada, n'en sont pas moins essentiels à la bonne compréhension des processus géophysiques.**

La Commission géologique du Canada (particulièrement la nouvelle Division de la géophysique) continuera d'utiliser les ressources disponibles pour entreprendre de vastes études étayant les recherches géophysiques sur la croûte terrestre et ses processus.

7. **Que des années-personnes supplémentaires soient affectées à la Direction de la physique du globe lorsqu'on lui demande de participer à des missions d'importance nationale.**

Dans la mesure du possible, la CGC tentera d'éviter d'affecter trop de ressources à des missions à court terme au détriment de programmes d'acquisition de connaissances de base, à long terme. Elle cherchera à établir un équilibre entre les demandes conflictuelles de service, dans la mesure du possible, et d'exiger des années-personnes supplémentaires lorsqu'elle estime que ses activités fondamentales sont menacées.

8. **Qu'on cherche davantage à recruter des détenteurs de bourses de perfectionnement postdoctoral au Canada et à l'étranger, en faisant des représentations pertinentes auprès de la Commission de la Fonction publique du Canada pour qu'elle élimine certaines restrictions à l'embauche des chercheurs.**

La CGC continuera de faire l'impossible, par l'entremise de contacts directs et de promotion internationale, pour attirer des chercheurs. Des représentations effectuées récemment auprès d'organismes intéressés, relativement aux contingents par nationalité, n'ont donné que peu de résultats.

9. **Que la DPG, à titre de principal organisme chargé de l'étude géophysique de la croûte terrestre au sein du gouvernement fédéral, participe activement à la promotion professionnelle dans le domaine de la géophysique et améliore son programme d'emplois d'été pour étudiants.**

Étant donné la situation actuelle de l'industrie de l'exploration, les perspectives de carrière dans le domaine de la géophysique sont plutôt sombres. Toutefois, la CGC cherche activement à promouvoir cette science : maintien de contacts étroits, supervision d'étudiants diplômés par le personnel de la Commission et participation aux grands projets géoscientifiques tels que LITHOPROBE. Le nombre d'étudiants embauchés pour l'été dépend des programmes gouvernementaux en vigueur et des possibilités de supervision, des espaces et des ressources. La Commission a tiré un maximum des programmes PEEAC, COOP, Défi 86 et y a affecté des fonds de fonctionnement. Au milieu de 1986, la Commission géologique avait donné des emplois d'été à 298 étudiants, dont 20 avaient participé directement à des activités géoscientifiques. Compte tenu des programmes de restriction et de la réduction des effectifs au gouvernement, il est peu probable que ces programmes soient élargis.

10. **Que le programme de financement des études supérieures se poursuive et soit étendu aux domaines où il y a une grave pénurie de personnel spécialisé possédant des diplômes d'études supérieures.**

À l'heure actuelle, deux personnes participent au programme. L'une d'elle travaille à la Division de la géophysique d'Ottawa et l'autre, au Centre géoscientifique du Pacifique. Compte tenu des restrictions de ressources, la Commission ne prévoit pas de poursuivre le programme dans un avenir rapproché.

11. **Que la Division du géomagnétisme soit rétablie, au sein de la DPG, à Ottawa.**

Le programme de réduction des effectifs au gouvernement, de même que de fortes contraintes organisationnelles, limitent le nombre des divisions que peut comprendre la Commission. Toutefois, les gestionnaires de la Division de la géophysique conviennent qu'il faut continuer à mettre l'accent sur le rôle de chef de file dans le domaine des études géomagnétiques.

12. **Que la Direction mette davantage l'accent sur les échanges temporaires de personnel scientifique.**

La Direction poursuivra cette activité, mais devra respecter les restrictions en matière de congés de perfectionnement dans la fonction publique. La Commission continuera d'accueillir, lorsque l'espace et les ressources le lui permettent, des chercheurs universitaires et d'autres scientifiques en congé sabbatique. L'intégration de la DPG à un organisme plus important devrait donner un cadre plus global à cette activité et offrir davantage de possibilités de mutation interne.

13. **Que la DPG envisage de collaborer avec l'industrie à la réalisation d'entreprises conjointes, comme moyens de transfert technologique, en plus des relations contractuelles habituelles.**

C'est ce que la CGC cherche à faire dans plusieurs domaines (par exemple, mise au point d'un gravimètre — Scintrex; levés gravimétriques aériens — Nortech; instruments de sismique-réfraction — EDA). Bien que cette activité rapporte beaucoup, la Direction demeure consciente des risques de traitement privilégié à l'égard du secteur privé.

14. **Qu'un comité, structuré comme l'actuel comité d'examen, où siègeraient des représentants du secteur de la géophysique des mines soit créé dans le but d'aider la Direction à élaborer des programmes et à en évaluer les progrès.**

La Commission géologique du Canada approuve en principe la création d'un comité consultatif externe de la géophysique. Dès la fin de 1986, la CGC invitera l'industrie, les universités et les organismes internationaux à participer à ce comité. Étant donné les difficultés que connaît actuellement l'industrie de l'exploration, la Commission suggérera de créer immédiatement un sous-comité des levés géophysiques aériens.

15. Que, pour ce qui est du recrutement, on accorde la priorité aux:

Chercheurs scientifiques
- — géomagnétisme (vastes perspectives et rôle de chef de file)
- — techniques modernes de géodynamique
- — interprétation de sismique-réflexion
- — géodynamique d'interprétation

Physiciens (par ordre de priorité)
- — analyse des sismogrammes de routine
- — séismologie des fortes secousses
- — laboratoire d'études géothermiques

En général, ces recommandations correspondaient aux priorités de la Direction, avant son intégration à la CGC. Toutefois, il s'est avéré très difficile de recruter des chercheurs dans plusieurs domaines. Un scientifique du domaine de l'interprétation de la sismique-réflexion s'est récemment joint au personnel, et la Commission tente actuellement d'augmenter le nombre de physiciens et de fournir des assistants aux fins de l'analyse des séismogrammes de routine.

16. Que soit accéléré le processus de transition de l'enregistrement analogique à l'enregistrement numérique dans le réseau de séismographes, que les stations dans l'Arctique reviennent à leur état initial et que les sismologues supérieurs n'aient plus à réaliser d'analyses d'enregistrements de routine, laissant plutôt cela aux étudiants embauchés pour l'été, dans la mesure du possible :

L'implantation du sismographe numérique canadien (Canadian Digital Seismograph : CANDIS) est en cours de réalisation le plus rapidement possible, compte tenu des ressources actuelles et des demandes de mise au point d'instruments dans le cadre d'autres programmes. En attendant que de nouveaux fonds soient accordés, un réseau CANDIS sera établi d'ici 1989.

Compte tenu de la restriction actuelle des ressources et des améliorations apportées à la technologie de communication et à la technologie numérique, il ne serait pas réaliste de remettre en état les stations de l'Arctique.

Pour assurer la pertinence et la qualité des données, la direction estime que, même s'il leur faut de l'aide, les scientifiques supérieurs devraient continuer à participer à l'acquisition de données de routine.

17. Que le réseau de stations d'enregistrement de fortes secousses (y compris les instruments de mesure en champ libre) soit intégré aux activités de la DPG, avec les ressources pertinentes en instruments et en personnel.

Cette recommandation a été mise en application.

18. Que soit planifié le mode de diffusion des renseignements sismiques provenant des séismographes numériques au public et au World Data Center, et qu'on envisage d'inclure les lectures analogiques qui ressemblent aux séismogrammes actuels à longue et à courte période.

Cette recommandation sera bientôt mise en application, et l'on entend continuer à faire une sélection représentative des renseignements disponibles sous forme analogique. Des enregistrements analogiques de tout événement précis seront produits sur demande.

19. Que soient tenues des conférences régionales destinées à des auditoires généraux sur des sujets très prisés dans le domaine de la géophysique (par exemple les tremblements de terre et leurs effets).

Une conférence sur les tremblements de terre tenue il y a quelques années au musée provincial de Victoria a obtenu beaucoup de succès. La Commission négociera avec les musées et les sociétés universitaires d'Ottawa, afin de déterminer si d'autres événements semblables pourraient être organisés au cours de l'hiver 1986-1987.

20. Que la Direction profite des possibilités d'étudier le flux thermique, dans le cadre de recherches comprenant des mesures de température.

À la suite de la décision prise par le gouvernement en décembre 1985, le service des recherches géothermiques a été démantelé. Toutefois, les scientifiques de la Commission continueront de profiter de toutes les occasions (dans la limite des ressources disponibles) lorsqu'elles peuvent être entièrement documentées. Bien qu'il soit possible de se procurer des mesures

de température auprès de nombreuses sources, la détermination du flux thermique exige la mesure d'un certain nombre d'autres paramètres qu'il n'est pas toujours possible d'obtenir directement ou facilement.

21. Que les études sur le flux thermique dans la Cordillère soient intégrées au programme du CGP.

Le programme d'étude du flux thermique du CGP est maintenant intégré aux études pluridisciplinaires du CGP. Les programmes d'énergie géothermique sont terminés, mais les programmes d'étude du pergélisol sont considérés comme plus utiles en étant situés à Ottawa où ils sont maintenant intégrés à la Division de la science des terrains. Dans la mesure du possible, toutes les activités concernant le flux thermique dans la Cordillère sont coordonnées avec le CGP.

22. Que le programme d'études gravimétriques régionales soit perfectionné et accéléré, de façon à répondre aux besoins en matière de détermination du géoïde, la résolution étant suffisante pour permettre l'utilisation des renseignements provenant du Système de positionnement global, aux fins de l'établissement de points de canevas altimétrique plus précis.

Le programme de recherches gravimétriques (gravimétrie aérienne et par satellite et gravité absolue) sont précisément axés sur la nouvelle technologie de positionnement. Il existe une meilleure collaboration entre le programme de géodynamique (qui permet d'effectuer l'étalonnage et la mise à l'essai des deux systèmes de positionnement global, sur le terrain, et de comparer les données aux positions déterminées en fonction des astres) et la Direction des levés géodésiques. Des chercheurs utiliseront pour la première fois le Système de positionnement global pour effectuer le positionnement d'une station, lors de levés gravimétriques à contrat au Yukon en 1986. La Commission cherche à obtenir des fonds supplémentaires aux fins du programme de gravité et de géodynamique.

23. Que la Direction envisage de coordonner le travail d'instrumentation géophysique au sein d'une section interdivisionnaire.

Lorsque l'intérêt commun est évident (instruments pour l'étude du fond marin, télémesure) des projets conjoints ont été entrepris. Toutefois, il semble que la manière la plus efficace de procéder consiste à créer des groupes techniques spéciaux qui travaillent en étroite collaboration avec les scientifiques utilisant les données. Au sein du nouvel organisme, la majorité des travaux de mise au point et d'entretien des instruments géophysiques sera effectuée aux laboratoires Blackburn de la Division de la géophysique. On envisage également d'établir des mécanismes et des liens organisationnels qui permettront de coordonner la mise au point et l'entretien de tous les instruments géophysiques au sein de la Commission.

24. Que des comités conjoints de travailleurs actifs dans les domaines d'intérêt mutuel soient créés au sein de la Commission, particulièrement dans le domaine du paléomagnétisme, des études de la croûte et d'autres domaines, au besoin. Ces comités ne devraient pas être astreints à des contraintes bureaucratiques pour pouvoir se concentrer sur leur discipline et les moyens d'optimiser les programmes complémentaires ou conjoints.

Un certain nombre de comités et de groupes de travail officiels et officieux ont été créés dans le cadre de programmes conjoints tels que Lithoprobe, LOREX, les études relatives aux frontières et le Programme de gestion des résidus de combustible nucléaire, ont été créés au besoin. L'intégration des études de la croûte et du paléomagnétisme à la nouvelle Division de la lithosphère et du Bouclier canadien et des études sur le pergélisol à la Division de la science des terrains a permis d'améliorer grandement la liaison avec les anciens groupes de la Commission. Une série d'ateliers régionaux internes (études sur les Appalaches et la région est) devrait être organisée dans le but d'accroître et de promouvoir l'interaction entre la géologie et la géophysique.

25. Que la somme affectée à la DPG en vertu du plan d'acquisition et de remplacement des biens d'équipement soit portée à 4 millions de dollars par année.

Une somme de 0,525 million de dollars en 1986-1987, de 1,68 million de dollars en 1987-1988 et de 0,265 million de dollars en 1988-1989 à été affectée à l'amélioration du réseau et de la station séismologique de Yellowknife. Ces sommes s'ajoutent aux fonds prévus en vertu du plan, soit 2,346 millions de dollars, 2,466 millions de dollars et 2,562 millions de dollars déjà approuvés pour les années 1986 à 1989 respectivement. C'est le quadruple des budgets en capital d'avant 1984-1985.

26. Que le programme des accords de recherche d'ÉMR soit refinancé de façon à revenir à l'équivalent du pouvoir d'achat du programme en 1970, en tenant compte de l'inflation future.

Il est actuellement impossible d'appliquer cette recommandation au niveau de la Direction, sans nuire aux niveaux de fonctionnement actuels. C'est actuellement le Secteur des sciences de la Terre qui s'occupe de l'administration de ce programme; toutes les demandes de fonds supplémentaires présentées au Conseil du Trésor ont été refusées jusqu'à maintenant.

RAPPORT DU COMITÉ D'EXAMEN DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE

SOMMAIRE-RECOMMANDATION

(a) Généralités

(i) Nos deux principales conclusions, qui forment le contexte de tout le détail de notre évaluation, sont les suivantes :

- **le Canada ne saurait se passer d'un organisme gouvernemental se consacrant spécifiquement à la recherche dans le domaine de la géophysique et de ses applications**
- **la Direction de la physique du globe, au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, est le seul organisme qui joue ce rôle.**

Les arguments qui nous amènent à ces conclusions — et que nous développons dans notre rapport — procèdent de l'examen tant du rôle global d'organisations scientifiques gouvernementales et de leurs rapports avec l'industrie et les universités que de la structure organisationnelle optimale dans les domaines particuliers — encore que très vastes et de toute façon interreliés — de ce qu'on appelle les sciences de la Terre. Nous ne reprenons pas toute l'argumentation ici, mais nous exprimons notre opinion. Premièrement, les établissements gouvernementaux sont d'une importance cruciale quand les éléments irremplaçables du patrimoine national comme les bases de données géoscientifiques sont en jeu. Deuxièmement, pour rester dans le peloton de tête dans le domaine en progression rapide de la géophysique, l'établissement doit avoir l'autonomie et le mandat nécessaires pour maintenir l'équilibre entre la recherche fondamentale et les applications.

(ii) Pour des raisons qui s'expliquent par l'évolution des situations, les activités relevant de la géophysique et de la géodésie se sont développées au sein d'un certain nombre d'organismes gouvernementaux, pour lesquels les applications ont une importance particulière. Il est à craindre que certains groupes ne parviennent pas à se maintenir à la hauteur des techniques et des concepts modernes qui se développent dans ces sciences. Le Comité est d'avis qu'il aurait été plus efficace sur le plan scientifique, y compris sur le plan de l'utilisation du personnel et de l'appareillage scientifiques, que toutes les activités que poursuit le gouvernement fédéral dans les domaines de la géophysique pure et appliquée (sismologie, géomagnétisme, gravimétrie, géothermie et géodynamique) et de la géodésie aient relevé de la Direction de la physique du globe.

Pour faire en sorte que les connaissances du domaine de la géophysique soient exploitées de façon efficace dans l'exécution des tâches d'ÉMR, nous recommandons :

1. **que la Direction de la physique du globe soit reconnue comme étant le centre du développement de la science géophysique au sein du service gouvernemental;**
2. **que des mécanismes permettant de relier les groupes évoluant dans les domaines de la géophysique et de la géodésie et de favoriser leur coopération mutuelle soient mis en place et conservés.**

(iii) Nos propres études et les résultats du sondage nous amènent à la conclusion que la Direction de la physique du globe s'acquitte très bien de son rôle de service auprès des scientifiques canadiens du gouvernement, de l'industrie et des universités et auprès des scientifiques étrangers. Nous sommes toutefois fort préoccupés par le manque de visibilité de la Direction et par le fait qu'on ne la perçoit guère comme organisme distinct. Cet état de chose était particulièrement remarquable dans les questionnaires qui nous ont été retournés par l'industrie pétrolière. Le Comité en vient par conséquent à la conclusion qu'un changement de nom s'impose. Pour beaucoup, l'expression « physique du globe » a un sens bien différent de celui de géophysique. En outre, pour les gens de l'extérieur du gouvernement, le mot « direction » n'est pas clair. Pendant des dizaines d'années, ce qu'on connaît maintenant sous le nom de Direction de la physique du globe a conservé sur les plans national et international une réputation enviable sous le nom d'Observatoire fédéral. Nous recommandons :

3. **l'adoption du nom « Observatoire géophysique du Canada », qui exprimerait convenablement la mission de ce service.**

Il conviendrait de modifier, en temps opportun, la loi qui régit le Ministère. Nous recommandons :

4. **l'addition de la clause suivante : Le Ministre assure le contrôle, la gestion et l'administration des observatoires géophysiques du gouvernement du Canada.**

Mais le service ne gagnera pas en visibilité par le seul changement de nom. Il faudra une offensive positive de la part du Directeur général et des membres du personnel dans un certain nombre de directions énumérées plus loin dans le rapport. Par conséquent, nous recommandons :

5. **que la DPG prenne des mesures pour gagner en visibilité, comme la publication d'articles dans des journaux professionnels non techniques et la tenue de conférences régionales sur des sujets du domaine de la géophysique susceptibles d'intéresser un public nombreux.**

(iv) Au sein du secteur des sciences de la terre d'ÉMR, le mandat de la DPG est d'obtenir l'information nécessaire, en géophysique de la croûte terrestre, à la compréhension et à la gestion de la masse continentale du Canada, y compris la zone extracôtière, du point de vue des ressources naturelles et des dangers d'origine naturelle. Bien que ce mandat paraisse convenir si on l'interprète dans un sens large, nous estimons qu'il existe toujours un danger de l'interpréter de façon trop étroite. Comme nous l'indiquions dans la première conclusion ci-dessus, il est de la plus haute importance, en géophysique, de rester dans le peloton de tête et cela ne peut se faire que si l'on consacre une part importante du programme à la recherche fondamentale. Dans un pays où les sciences de la Terre jouent un rôle si important, il est tout à fait illogique que les organismes gouvernementaux qui s'y consacrent ne soient pas encouragés à effectuer des études de type fondamental dans la même mesure que le Conseil national de recherches (CNR) poursuit des travaux dans les domaines de la physique et de l'astronomie. Deuxièmement, considérant l'unité de l'étude géophysique de la Terre et de son environnement et la prise de conscience croissante des interrelations complexes qui se nouent à l'intérieur du système soleil-terre, il est de la plus haute importance de ne pas laisser l'expression « croûte terrestre » susciter une restriction de la portée de la recherche. Cela est particulièrement vrai dans les domaines du géomagnétisme et de la géodynamique. Troisièmement, l'interprétation du mandat doit tenir compte du caractère international des sciences de la Terre et la responsabilité de tous les pays de contribuer, où le leur permet leur capacité scientifique, à un bassin mondial de connaissances. La communication de données sismologiques, gravimétriques et géomagnétiques à des centres mondiaux de collecte de données constitue l'un des aspects de cette responsabilité dont nous concluons que la DPG s'acquitte bien. L'encouragement des scientifiques de la Direction à participer aux travaux de commissions internationales et à des forums de toutes sortes ne devrait pas avoir à subir le contre-coup d'une interprétation étroite du mandat. Par conséquent, nous recommandons :

6. **que le mandat de la DPG soit interprétée de manière à englober les domaines de la recherche fondamentale qui, sans porter strictement sur la géophysique de la masse continentale du Canada, sont indispensables à la compréhension des processus géophysiques qu'elle recèle.**

(v) La DPG est toujours parvenue à maintenir l'équilibre entre la recherche et le rôle de service qui est le sien, en offrant par exemple le service de sismographie et de l'information sur la sismicité. Vu le rôle central que joue la géophysique dans certaines missions nationales spéciales, comme l'étude de la répartition du pergélisol et l'élimination des déchets radio-actifs, il était normal que la DPG, compte tenu de sa compétence particulière, joue un rôle de premier plan dans leur exécution. La Direction s'y est de plus en plus associée, souvent en remplissant un important rôle de surveillance des marchés. C'est de science de qualité qu'il est question et les liens nouveaux qui se nouent avec l'industrie et les universités contribuent à l'opération d'un transfert de technologie important et significatif. Toutefois, l'efficacité des scientifiques considérés individuellement et celle de la Direction dans son ensemble ne sauront être préservées que dans la mesure où les ressources nécessaires, en main-d'oeuvre scientifique, seront consacrées à ces missions nationales. Sans elles, la Direction compromettra la totalité de son programme s'il entreprend quelque autre initiative particulière. Nous recommandons :

7. **que la DPG, lorsqu'elle est appelée à prendre part à des missions d'importance et d'intérêt nationaux, se voie attribuer des années-personnes supplémentaires.**

(vi) Nous avons été impressionnés de l'apport au travail de la DPG des boursiers d'études post-doctorales, ces dernières années. Il est particulièrement remarquable dans la liste des publications, que nombre d'entre eux peuvent revendiquer en totalité ou en partie. Relativement intouchés par la routine administrative et frais émoulus des milieux universitaires, les boursiers d'études post-doctorales peuvent faire beaucoup pour stimuler les milieux de la recherche. Il est malheureux qu'ils ne soient pas plus nombreux. Nous distinguons deux raisons expliquant cet état de choses. La première réside dans la règle inutilement stricte de la Commission de la Fonction publique concernant l'attribution de bourses à des non-Canadiens (1 pour 2 à des Canadiens), alors qu'il y a très peu de finissants canadiens au doctorat en géophysique. Mais ce phénomène se trouve intensifié par la deuxième raison, qui est le manque de visibilité du programme de recherche de la DPG dans les universités canadiennes. Nous recommandons :

8. **la poursuite d'une démarche beaucoup plus positive de recrutement de boursiers d'études post-doctorales au Canada et à l'étranger, en réclamant comme il se doit de la Commission de la Fonction publique qu'elle atténue les restrictions relatives au recrutement de non-Canadiens.**

(vii) Le Comité sait bien que les finissants canadiens en géophysique sont peu nombreux, situation qui entretient la pénurie de personnel qualifié dans l'industrie et les universités. Nous recommandons :

9. **que la DPG, en sa qualité d'organisme responsable des travaux en géophysique au gouvernement fédéral, prenne une part active dans la promotion de l'étude de la géophysique en vue de faire carrière en ce domaine et qu'elle élargisse son programme d'embauche estivale de stagiaires.**

Le Comité appuie la décision de la DPG annoncée en 1984 d'employer un nombre limité de bacheliers et de financer leurs études de deuxième cycle et recommande :

10. **la poursuite et l'expansion de ce programme dans les domaines qui accusent de graves pénuries de personnes qualifiées et titulaires de diplômes de hautes études.**

(viii) Nous constatons que le géomagnétisme accuse une baisse particulière de visibilité et une dose notable de fragmentation au sein de la DPG, état de chose que nous jugeons regrettable. Comme nous le soulignons dans notre rapport, l'organisme dans lequel on retrouve les racines de ce qui devait devenir plus tard la DPG est un observatoire du magnétisme terrestre. D'importantes raisons qui tiennent à l'objet même de la géophysique militent en faveur de la préservation d'un groupe intégré d'étude du magnétisme terrestre.

Il n'est pas possible de découper arbitrairement le champ géomagnétique à la surface du globe, car des perturbations d'origine externe interagissent avec le champ interne et induisent des courants électriques dans la terre. La structure actuelle de la DPG tend à séparer les domaines des observatoires, des cartes du magnétisme, des études de l'induction et du paléomagnétisme, avec la probabilité élevée que certains aspects de la science se recoupent. Nous remarquons qu'une recommandation faite naguère par un comité spécial et voulant que la recherche sur la morphologie des perturbations magnétiques soit intensifiée, a été manifestement négligée. Cela s'est produit à une époque où l'on commence à prendre conscience de l'importance des effets géomagnétiques dans des domaines aussi différents que le changement du climat (programme national) et le passage de pipelines dans la zone aurorale.

Nous sommes conscients des contraintes immédiates, au moment de la restructuration du Centre géoscientifique du Pacifique, qui ont abouti à la réorganisation, mais nous en venons à la conclusion que la DPG serait plus à même de poursuivre des activités en géophysique et pourrait le faire avec plus de force si le géomagnétisme relevait d'un service de niveau de division. Par conséquent, nous recommandons :

11. **le rétablissement de la Division du géomagnétisme au sein de la DPG à Ottawa.**

(ix) Nous avons mentionné plus haut les liens avec les universités et avec l'industrie. Encore que nous notions l'existence d'un nombre encourageant de travaux de recherche conjoints avec les universités canadiennes, nous recommandons :

12. **de mettre l'accent davantage sur les échanges temporaires bilatéraux de personnel scientifique.**

Il convient de saluer le bon travail de la DPG sur un aspect des relations avec l'industrie canadienne : celui du transfert de technologie pour la fabrication d'instruments, comme dans le cas des magnétomètres et des stations automatiques d'observation du magnétisme. Le système simplifié d'acquisition de données de sismique-réfraction offre maintenant une excellente occasion à cet égard, surtout si le financement de LITHOPROBE assure une importante première commande. Des développements pourraient dans l'avenir survenir en gravimétrie absolue et relative. Nous recommandons :

13. **que l'on étudie la possibilité de recourir à la coopération de type initiative conjointe entre la DPG et l'industrie pour favoriser le transfert de technologie, en sus des rapports contractuels habituels.**

(x) Pour faire en sorte qu'il y ait apport suffisant de l'extérieur au programme de la Direction, nous recommandons :

14. **qu'un comité, dont la structure serait semblable à celle du Comité d'examen, mais au sein duquel serait en outre représenté le secteur de la géophysique des mines, soit mis sur pied avec mission d'aider la Direction à élaborer des programmes et à suivre les progrès réalisés.**

(x) La composition de ce comité devrait changer aux trois ans. Il conviendrait que le comité se réunisse une fois par année en temps normal, bien qu'il puisse être appelé à se réunir plus fréquemment si des problèmes particuliers se posent. Le comité, comme le Comité d'examen, aura besoin de services de secrétariat appropriés.

b) Recommandations particulières

Priorités en matière de personnel

Nous partons du principe qu'il serait déraisonnable de préconiser un accroissement notable de l'effectif en ces temps de restrictions dans l'appareil de l'État. Mais les gens qui prennent leur retraite libèrent des places et les nouveaux programmes, comme le Programme géoscientifique des régions pionnières, offrent des possibilités d'expansion; aussi est-il important que la DPG ait un ordre de priorités. Nous recommandons :

15. **que, en matière de recrutement, la priorité soit donnée aux spécialités suivantes :**

- chercheurs scientifiques;
  - — géomagnétisme (avec l'esprit ouvert et des qualités de chef)
  - — techniques géodynamiques modernes
  - — interprétation des données de sismique-réflexion
  - — géodynamique d'interprétation.

Il convient de faire preuve de souplesse dans la répartition de ces quatre spécialités suivant un ordre de priorités, parce qu'il faut des scientifiques aux antécédents

et aux intérêts différents qu'il ne sera en aucun cas facile d'embaucher à bref délai. La recommandation relative à l'embauche d'un scientifique de haut niveau dans le domaine du géomagnétisme va de pair avec la recommandation n° 10, au sujet du rétablissement de la Division. La mise au point de nouvelles technologies pour mesurer les tensions et les contraintes de la croûte terrestre accentue l'urgence de renforcer à la DPG les compétences en ces domaines afin de ne pas manquer l'occasion d'en tirer parti; c'est là une étape qui devrait précéder toute autre recherche interprétative en géodynamique. On observe actuellement une demande pressante d'accentuer les compétences du Ministère en matière d'interprétation des données de sismique-réflexion, dans le contexte du Programme géoscientifique des régions pionnières et le LITHOPROBE; et ces compétences seront fort utiles et souhaitables pour le resserrement de la coopération et l'échange de technologie avec l'industrie de l'exploration pétrolière.

- Scientifiques spécialisés en sciences physiques (par ordre de priorité) :
  - — analyse courante de sismogrammes
  - — étude sismologique des secousses fortes
  - — laboratoire d'études géothermiques.

En outre, nous recommandons ce qui suit :

16. **que soit accéléré le passage de l'enregistrement analogique à l'enregistrement numérique dans le réseau de sismographes, que les stations de l'Arctique soient rétablies dans leur statut antérieur, que les sismologues soient libérés de l'analyse courante des enregistrements grâce au recours à l'embauche estivale d'étudiants, si possible, pour cette tâche;**

17. **que le réseau sismographique de mesure des secousses fortes (y compris les instruments en champ libre) soit totalement incorporé à l'activité de la DPG, en le dotant des ressources nécessaires en instruments et en personnel;**

18 **que l'on planifie la formule de transmission de l'information à caractère sismique recueillie à l'aide des sismographes numériques au public et aux Centres mondiaux de données, en envisageant l'emploi d'un dispositif analogique de rejeu ressemblant aux actuelles sismologies de courte et de longue périodes;**

19. **que soient tenues des conférences régionales s'adressant à des auditoires composés de non-scientifiques et portant sur des sujets d'intérêt pour un public nombreux (les tremblements de terre et leurs effets, par exemple);**

20. **que l'on profite davantage des occasions de déterminer le flux de chaleur que procurent les études où l'on mesure les températures.**

21. **que les études sur le flux de chaleur dans la Cordillère soient intégrées au programme du Centre géoscientifique du Pacifique;**

22. **que le programme régional sur la gravité soit modernisé et accéléré pour satisfaire aux besoins relatifs à la détermination d'un géoïde de résolution suffisante pour permettre l'emploi de l'information que l'on peut obtenir du système de positionnement global (système GPS) pour réaliser un contrôle vertical plus précis;**

23. **que l'on envisage la possibilité de coordonner le travail sur les instruments de géophysique au sein d'une section inter-divisionnaire;**

24. **que des comités conjoints de personnes actives dans des domaines d'intérêt mutuel, notamment en paléomagnétisme, en études de la croûte terrestre et dans d'autres domaines, au besoin, soient mis sur pied avec la Commission géologique du Canada. Ces comités devraient être libres de toute contrainte bureaucratique et se consacrer essentiellement à leur discipline particulière et aux moyens d'optimaliser les programmes complémentaires ou conjoints;**

25. **que le montant prévu pour la DPG dans le Plan d'achat et de remplacement de biens d'équipement du Ministère soit porté à 4 000 000 $ par année;**

26. **que le programme des conventions de recherche d'EMR soit refinancé de manière à lui rendre un pouvoir d'achat au moins équivalent à celui qui était le sien au moment de son introduction en 1970, en prévoyant des rallonges pour compenser l'inflation future;**

I LE COMITÉ : NOMINATION, COMPOSITION, MANDAT

Le Comité d'examen a été constitué en 1984 par M. W.W. Hutchison, sous-ministre adjoint, secteur des sciences de la terre, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, à partir d'une liste de noms qui lui avait été soumise par le Conseil canadien des sciences de la Terre, qui lui-même agissait sur les conseils de l'Union géophysique canadienne.

Le Comité se compose des personnes suivantes :

- le professeur George D. Garland, département de physique, Université de Toronto, Toronto, Ontario (président).
- M. Gérard Lachapelle, vice-président, Recherche et développement, Nortech Surveys Inc., Calgary, Alb.
- Le professeur Otto Nuttli, département de géophysique, St. Louis University, St. Louis, Missouri.
- Le professeur R. Doncaster Russell, département de géophysique et d'astronomie, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, C.-B.
- M. John H. Sass, U.S. Geological Survey, Flagstaff, Arizona.
- M. Peter J. Savage, PanCanadian Petroleum Ltd., Calgary, Alb.

À la première réunion du Comité, M. Kenneth Wing, de la Direction de l'évaluation des programmes, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, a été nommé secrétaire.

Tous les membres du Comité avaient une bonne idée du travail de la Direction de la physique du globe (DPG) et cinq avaient été membres (ou substituts de membres) des comités spéciaux qui étudiaient des secteurs d'activité particuliers : Lachapelle (programme de la carte gravimétrique du Canada), Garland (Observatoires géomagnétiques et stations de mesure des variations géomagnétiques), Nuttli (Réseaux séismographiques canadiens, séismicité et risques séismiques), Russell (cartes géomagnétiques et interprétation) et Sass (études géothermiques). Nous reviendrons sur le travail des comités spéciaux à la section II.

Le mandat du Comité avait été exposé dans le Rapport d'évaluation d'ÉMR et se présentait en substance comme suit :

a) Objet

Passer en revue les activités de la DPG afin de :

i) évaluer la pertinence et le caractère approprié de ses activités, la conception des activités, l'efficacité et l'efficience du service à atteindre ses buts, les répercussions voulues et non voulues du programme et les moyens autres d'assurer la réalisation du programme;

ii) préconiser les changements qui peuvent être nécessaires pour satisfaire aux besoins du gouvernement du Canada et des usagers de la Direction.

b) Rapport

Le Comité présentera son rapport assorti de ses recommandations à la direction du Ministère par l'intermédiaire du sous-ministre adjoint responsable des sciences de la Terre. Nul compte rendu oral ou écrit des recommandations et des constatations ne doit être rendu public tant qu'il n'y aura pas eu entente à cet égard entre le Conseil canadien des sciences de la Terre et le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

c) Points à évaluer

Les objectifs particuliers de la révision sont les suivants :

i) déterminer s'il existe un lien légitime entre les objectifs et les activités de la DPG et le mandat que la loi confère au Ministère et si l'absence de mandat officiel explicitement énoncé empêche la DPG de faire de la recherche géophysique fondamentale;

ii) examiner les activités de la DPG afin de déterminer si les objectifs de programme sont atteints et si ces activités sont dans l'ensemble appropriées et propres à répondre aux besoins;

iii) déterminer la capacité de rendement de la Direction à satisfaire aux besoins des usagers et effectuer un sondage auprès des ceux-ci, avec l'aide de la Direction de l'évaluation des programmes;

iv) examiner les ressources financières et humaines de la DPG afin de déterminer si elles conviennent eu égard aux programmes que la Direction poursuit ou devrait poursuivre;

v) examiner les relations entre la DPG et ses usagers, la Commission géologique du Canada, la Direction des levés et de la cartographie, le Conseil national de recherches, les autres ministères, les provinces, les sociétés minières et pétrolières, les autres industries, les experts-conseils, les universités et les organismes internationaux;

vi) déterminer s'il y a suffisamment d'apport de l'extérieur dans la prise de décision relative au programme de travail de la DPG et comment cette influence extérieure pourrait être incorporée de façon profitable;

vii) déterminer s'il y a de meilleures façons d'obtenir certains des résultats auxquels donnent lieu les activités de la Direction de la physique du globe;

d) Choix des membres

Le comité sera constitué à partir d'une liste de personnes ayant accepté d'agir et nommées par le président et l'exécutif de l'Union géophysique canadienne et approuvées par le président du Conseil canadien des sciences de la Terre. Le Comité doit être représentatif des disciplines géophysiques et de la diversité des organismes. La nomination des cinq ou six membres du Comité sera faite par le sous-ministre adjoint responsable du secteur des sciences de la Terre, après consultation du président du Conseil canadien des sciences de la Terre, du directeur général de la Direction de la physique du globe et du directeur de la Direction de l'évaluation des programmes.

e) Liaison avec le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources

La Direction de l'évaluation des programmes offrira des services de secrétariat; un représentant de cette Direction sera membre d'office du Comité. La DPG désignera une personne qui sera chargée d'aider le Comité à obtenir l'information dont il a besoin auprès de la DPG.

II LES SEPT TÂCHES DU COMITÉ

Aux termes de son mandat (p. 00), le Comité devait se pencher sur sept questions précises. Nos conclusions et nos recommandations (voir ci-dessus) en découlent, mais il convient de les rappeler et d'examiner leurs rapports avec les tâches particulières :

i) déterminer s'il existe un lien légitime entre les objectifs et les activités de la DPG et le mandat que la loi

confère au Ministère et si l'absence de mandat officiel explicitement énoncé empêche la DPG de faire de la recherche géophysique fondamentale.

Nous avons exprimé la conclusion (voir le sommaire-recommandation, Généralités, nos (i), (iii) et (iv)) que le lien entre les objectifs et les activités de la DPG et le mandat du Ministère est non seulement légitime, mais qu'il est indispensable à l'accomplissement de ses responsabilités. Nous soutenons toutefois (Généralités, n° 5) qu'il convient d'interpréter le mandat au sens large pour définir une approche scientifique appropriée et unifiée, parce qu'une interprétation trop étroite pourrait effectivement faire obstacle à la recherche fondamentale.

Nous recommandons (n° 3) que le nom de la Direction soit changé de manière que le public comprenne mieux sa raison d'être et nous recommandons que (n° 4) la loi régissant le Ministère soit modifiée en conséquence :

ii) **examiner les activités de la DPG afin de déterminer si les objectifs de programme sont atteints et si ces activités sont dans l'ensemble appropriées et propres à répondre aux besoins.**

Notre examen nous a amenés à la conclusion que les objectifs sont atteints et que le programme est propre à répondre aux besoins. Par ailleurs, nous observons que la Direction et les scientifiques qui en font partie sont très sollicités pour les missions nationales spéciales et nous recommandons (n° 7) que les années-personnes nécessaires lui soient attribuées lorsque de nouvelles missions requièrent sa participation :

iii) **déterminer la capacité de rendement de la Direction à satisfaire aux besoins des usagers et effectuer un sondage auprès de ceux-ci avec l'aide de la Direction de l'évaluation des programmes.**

Le sondage a été effectué. Nous y revenons en détail au chapitre IV. Nous concluons par ailleurs que la qualité du rendement est très élevée. Pratiquement tous les usagers, au Canada et à l'étranger, sont d'accord à ce sujet. Les scientifiques rattachés aux Centres mondiaux de données trouvent que les données provenant de la DPG sont à propos et qu'elles sont de très haute qualité. Encore une fois, le manque de visibilité de la Direction était flagrant dans les réponses, certains utilisateurs ignorant quelle était l'organisation à l'origine du matériel qu'ils utilisaient :

iv) **examiner les ressources financières et humaines de la DPG afin de déterminer si elles conviennent eu égard aux programmes que la Direction poursuit ou devrait poursuivre.**

Plusieurs de nos recommandations, notamment certaines de nos recommandations particulières, supposent des déboursés plus ou moins importants. La recommandation n° 16, par exemple, préconise une accélération du passage de l'enregistrement analogique à l'enregistrement numérique dans le réseau sismographique. Cette démarche entraînera des dépenses mais, à long terme, elle permettra de faire des économies sur le plan des coûts de fonctionnement des stations et du temps que consacre le personnel à la lecture des enregistrements. Les conséquences sur le plan financier ne sont donc pas simples. De même, la recommandation particulière n° 17 préconise l'incorporation du réseau de mesure des secousses fortes au programme de la DPG. La chose ne saurait se faire sans déboursés, mais l'activité était précédemment le fait du CNR, qui réalisera une économie.

Le Comité a été impressionné par l'ampleur de l'investissement en capital de la DPG dans les instruments, ceux des observatoires, des activités sur le terrain, de la recherche, etc., à une époque où la technologie s'améliore rapidement. Il sera indispensable de tenir compte, dans l'établissement du budget, de l'amortissement et du remplacement. C'est ce à quoi devrait servir le Plan d'achat et de remplacement de biens d'équipement, mais les montants prévus semblent nettement insuffisants si l'on considère ce qui se fait normalement en matière de provisions pour amortissement.

Nous savons que la valeur de remplacement actuelle des biens immobilisés de la DPG (à l'exclusion des bâtiments) est de 20 750 000 $. Si ces biens devaient être radiés en cinq ans, il faudrait prévoir 4 000 000 $ par année pour leur remplacement. Or, actuellement, le Plan d'achat et de remplacement de biens d'équipements ne prévoit que 2 200 000 $. Nous recommandons (n° 25) que ce montant soit porté à 4 000 000 $ par année.

En ce qui concerne le personnel, nous avons déjà mentionné l'incidence des missions spéciales sur les activités de la DPG et la nécessité de prévoir le nombre requis d'années-personnes. À la recommandation n° 15, nous accordons la priorité à l'embauche de personnel nouveau au fur et à mesure que des postes se libéreront. Nous recommandons également (n° 8) la poursuite d'une démarche beaucoup plus positive de recrutement de boursiers d'études post-doctorales :

v) **examiner les relations entre la DPG et ses clients, la Commission géologique du Canada, la Direction des levés et de la cartographie, le Conseil national de recherches, les autres ministères, les provinces, les sociétés minières et pétrolières, les autres industries, les experts-conseils, les universités et les organismes internationaux.**

Les rapports sont évidemment variés et présentent des caractéristiques différentes, mais le Comité les a examinés plus ou moins en fonction de chacune des entités ci-dessus. Nous y revenons au chapitre V.

En ce qui concerne les rapports avec les autres organismes du gouvernement fédéral, nous avons cherché à relever d'éventuels cas de double emploi et, à l'inverse, cherché à déterminer si la coopération au niveau des scientifiques praticiens, était suffisante. Nous avons relevé un domaine restreint où il pourrait y avoir double emploi (les études sur le géoïde, avec la Direction des levés et de la cartographie). Nous recommandons (n° 24) de resserrer la coopération entre la DPG et la Commission géologique du Canada dans un certain nombre de domaines

où l'échange des points de vue et perceptions sur différents aspects de l'ordre de la géophysique et de la géologie est indispensable et nous préconisons la mise sur pied de groupes de travail spécialisés dans ces domaines.

Avec l'industrie, les rapports sont peut-être quelque peu restreints, en raison, encore une fois, du manque de visibilité et, dans le cas de l'industrie pétrolière, du manque d'insistance de la DPG sur l'interprétation des données de sismique-réflexion. Dans ce dernier cas, la situation évolue et elle figure parmi nos priorités de nominations. Nous relevons que la DPG est coutumière du transfert de technologie à l'industrie mais nous recommandons de tendre vers la coopération de type initiative conjointe.

Avec les universités, nous recommandons (n° 12) de mettre l'accent davantage sur les échanges temporaires de personnel scientifique.

Sur le plan des relations internationales, nous relevons la haute estime dans laquelle les Centres mondiaux de données tiennent le travail de la Direction, de même que le rôle important que jouent nombre de scientifiques de la DPG au sein d'organismes internationaux de géophysique. Nous en venons à la conclusion (Sommaire-recommandation, Généralités, n° iv) que cet état de choses est bénéfique au développement de la science au Canada :

vi) déterminer s'il y a suffisamment d'apport de l'extérieur dans la prise de décision relative au programme de travail de la DPG et comment cette influence extérieure pourrait être incorporée de façon profitable.

Entre 1978 et 1981, la DPG a été visitée par un certain nombre de comités itinérants spéciaux spécialisés dans certains domaines particuliers (p. 00). Nous croyons que l'apport extérieur dont ces comités ont été à l'origine bénéfique tout comme l'a été la démarche de la Direction lorsqu'elle y a donné suite. Il ne semble pas y avoir eu, entre 1981 et le moment de la mise sur pied du présent Comité d'examen, un apport optimal de la part de la communauté géophysique canadienne dans son ensemble, bien que la DPG ait participé aux missions nationales prioritaires.

Nous recommandons (n° 14) qu'un comité permanent, dont la structure serait semblable à celle du Comité d'examen, soit mis sur pied pour assurer l'apport extérieur :

vii) déterminer s'il y a de meilleures façons d'obtenir certains des résultats auxquels donnent lieu les activités de la Direction de la physique du globe.

Nombre de nos recommandations ont un rapport plus ou moins étroit avec cette tâche. Par ailleurs, nous reconnaissons que, dans de nombreux cas (celui de l'enregistrement sismographique numérique, par exemple), la Direction elle-même a pris promptement des initiatives qui allaient dans la bonne direction. Aucune de nos recommandations ne préconise un changement de fond en comble du mode opératoire, bien que nous recommandions le rétablissement d'une Division du géomagnétisme. Les recommandations qui portaient sur des domaines scientifiques particuliers étaient les suivantes : n^{os} 16, 17 et 18 pour la sismologie, n^{os} 20 et 21 pour les études géothermiques et n° 21 pour le programme relatif à la gravité. La recommandation n° 8, qui traite de l'embauche accrue de boursiers d'études post-doctorales, et la recommandation n° 13, qui porte sur la coopération de type initiative conjointe avec l'industrie, visent toutes deux à conduire à des méthodes améliorées pour atteindre les objectifs.

Fonctionnement du comité

Le Comité s'est réuni pour la première fois le 10 février 1984 à Ottawa. À cette occasion, M. Hutchison a résumé le mandat et demandé au Comité d'examiner la performance de la Direction de la physique du globe sous quatre angles différents :

- qualité du produit
- effectif et direction de la Direction
- coût-efficacité des opérations
- effectif et moral du personnel.

M. W.D. Bennett, directeur, Évaluation des programmes (ÉMR), a expliqué comment s'étaient passées les évaluations d'autres directions du Ministère et fait état du double rôle du Comité, qui doit répondre de ses activités et à la Direction de l'évaluation des programmes, et au Conseil canadien des sciences de la terre. M. J.G. Tanner, directeur général de la DPG, a fait état de quelques-unes des tendances qui se dessinent à la Direction, et notamment le passage de la recherche fondamentale aux applications pratiques. Il a également abordé la question des liens complexes qui rattachent la DPG à d'autres organismes, nationaux et internationaux.

Le premier jet d'un questionnaire destiné à être distribué à un échantillonnage d'utilisateurs et portant sur le rendement de la Direction avait été établi par le personne. Après y avoir apporté un certain nombre de modifications, le Comité l'a approuvé. Le secrétaire a pris les dispositions relatives à la traduction, à la nécessaire révision technique et à l'approbation officielle par Statistique Canada (le questionnaire figure à l'annexe 1).

Au cours de la même réunion, le Comité s'est étendu sur la constitution d'une liste de personnes auxquelles poster le questionnaire. Nous reviendrons sur la question plus loin.

La fois suivante, soit les 12 et 13 avril, le Comité s'est réuni au Centre géoscientifique du Pacifique, à Sydney (C.-B.). Grâce à l'intervention efficace du directeur, M. R.D. Hyndman, le Comité a pu visiter tous les laboratoires du Centre et interroger personnellement presque tous les géophysiciens qui y travaillent.

D'autres réunions se sont tenues à Ottawa du 20 au 22 juin. Un nombre considérable de questionnaires avaient alors été reçus et M. K. Wing en avait fait une analyse préliminaire. Le Comité allait, lui, les étudier en

détail. La majeure partie du temps a été consacrée à la discussion avec des membres du personnel dirigeant de la Direction, tant à l'administration centrale d'Ottawa qu'au Laboratoire de géomagnétisme Blackburn. En outre, le Comité dans son entier a rencontré le directeur général de la Commission géologique du Canada (CGC), M. Ray Price, et les membres de la haute direction. Certains membres du Comité se sont en outre entretenus avec des scientifiques de la Division des levées géodésiques et du Conseil national de recherches sur les rapports avec la DPG tels qu'ils les percevaient.

Le Comité s'est réuni de nouveau les 1er et 2 octobre pour examiner les questionnaires supplémentaires qui étaient arrivés entretemps et pour discuter, avec les membres du personnel dirigeant de la DPG, de questions particulières qui avaient été soulevées soit dans les réponses au questionnaire, soit au cours des débats mêmes du Comité. Il s'est ensuite réuni les 8 et 9 novembre à Calgary pour tracer les grandes lignes du présent rapport.

Le Comité n'aurait pu s'acquitter de sa tâche sans la coopération et sans l'aide des plus efficaces des agents du Ministère et de la Direction. Nous souhaitons notamment souligner les services rendus à M. Wing et l'aide qui lui a été apportée pour la mise à la poste des questionnaires et l'analyse des réponses. Nous tenons également à souligner l'aide indéfectible apportée par le bureau de M. Tanner pour les déplacements et les réunions.

III HISTORIQUE DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE

Le présent chapitre a pour but de donner une rétrospective sur laquelle se détache notre évaluation du programme de la DPG. Nous donnons un bref résumé historique, faisons une analyse du mandat de la Direction et de la suite que cette dernière a donnée à la visite des comités spéciaux.

a) Historique de la Direction de la physique du globe/Observatoire fédéral

La Direction de la physique du globe est la descendante directe de l'Observatoire fédéral, dont les premiers jours ont été narrés par M. Don W. Thompson (Men and Meridians, vol. 2, pp. 223-224 et 262-268). L'Observatoire avait son origine dans la réponse du gouvernement aux mémoires, dont plusieurs de la Société royale du Canada, qui lui avaient été envoyés dans les années 1890 et qui réclamaient que soient aménagées les installations de mesure astronomique et géodésique qu'exigeaient les importants travaux de levés d'arpentage et de cartographie alors en cours. Cette réponse, qui est venue en 1900, avait pris la forme d'un vote de crédits pour le démarrage de la construction du bâtiment originel et pour l'achat d'un télescope équatorial de 15 pouces. Le nom de l'installation, Observatoire fédéral, date de 1905, année où le nouveau bâtiment fut occupé pour la première fois. La vocation première de l'observatoire était, certes, l'astronomie appliquée — détermination du temps et de la longitude — mais la géophysique de la croûte terrestre faisait partie de son programme d'activité dès le début. En effet, un groupe chapeauté par M. Otto Klotz s'occupait de sismologie, de magnétisme terrestre et de gravité, trois domaines de la connaissance qui sont toujours au coeur du programme de la DPG. M. Klotz s'est taillé une réputation internationale dans le domaine de la géophysique et ses ouvrages, notamment ceux qui traitent de sismologie, sont toujours cités.

L'orientation de l'Observatoire fédéral fut modifié en 1917, lorsque le service des Levés géodésiques du Canada en fut séparé; la même année, l'Observatoire d'astrophysique de Victoria fut ouvert à titre de constituante de l'Observatoire fédéral. Ces changements entraînèrent une réorientation vers l'astronomie fondamentale, mais le programme de géophysique de la croûte terrestre continua de prendre de l'expansion. En sismologie, on assista à la naissance du réseau de stations sismographiques; dans le domaine du magnétisme terrestre, on traça la carte du vecteur absolu du champ magnétique sur le pays; en matière de gravité, on dépassa les mesures pendulaires pour se lancer dans des études d'avant-garde de l'écorce terrestre et de son isostasie.

Dans ses premières années, l'Observatoire fédéral ne se porta pas acquéreur de l'établissement qui était le descendant de la plus ancienne organisation gouvernementale d'étude des sciences de la terre au Canada, l'Observatoire magnétique de Toronto. Ce dernier était en activité depuis la fin de 1839 et il avait tenu un registre virtuellement ininterrompu des changements survenant avec le temps dans le champ magnétique de la terre, là où il avait été aménagé au départ puis à Agincourt, en Ontario. L'Observatoire se développa et donna naissance au Service météorologique du Canada; la nouvelle organisation conserva la responsabilité des observatoires magnétiques jusqu'à un moment relativement avancé du XXe siècle. Avec l'incorporation ultime et fort appropriée de la fonction d'observatoire magnétique au programme géomagnétique de l'Observatoire fédéral, de dernier peut légitimement faire remonter ses origines à 1839.

Outre les études fondamentales dans les domaines de la gravimétrie, de la sismologie et du magnétisme terrestre, avec ce que cela suppose de conséquences pour la compréhension de la structure de l'écorce terrestre considérée sur une grande échelle, l'Observatoire fédéral participa, de concert avec la Commission géologique du Canada et des universités canadiennes, à une étude ressortissant à la géophysique appliquée et qui était en soi une nouveauté. On soupçonnait de plus en plus, en 1928 déjà!, que des compagnies sans scrupules faisaient faussement croire à la possibilité de localiser des gisements de minerai à l'aide d'« instruments ». Aussi invita-t-on les organisations précitées à procéder à des essais impartiaux des méthodes de détection magnétique, électrique et gravimétrique sur des structures connues. Les principaux scientifiques mobilisés pour cette mission étaient J.B. Mawdsley, de la CGC, A.H. Miller, de l'Observatoire fédéral, L. Gilchrist, de l'Université de Toronto, et A.S. Eve et D.A. Keys, de l'Université McGill. Les expé-

riences de Miller avec la balance de torsion et sur la mesure du magnétisme sont devenus des classiques du genre et elles figurent encore dans les manuels. Mais ce qu'il faut surtout retenir, c'est que ces travaux permirent de saisir avec plus de force encore que les travaux de nature géophysique de l'Observatoire fédéral avaient des échos dans l'étude détaillée de l'écorce terrestre et les gisements à valeur économique qu'elle recèle, comme dans les études de plus grande envergure.

En 1970, la responsabilité de l'astronomie, y compris le service de l'heure et l'astrophysique, fut confiée au Conseil national de recherches. Ce changement eut une incidence importante sur le domaine d'activité et même sur le nom de l'Observatoire fédéral. La géophysique de l'écorce terrestre devint alors la composante principale de son programe d'activité, alors qu'il lui restait deux observatoires dotés d'un télescope zénithal à chambre noire. Comme on considérait les observations faites à l'aide de cet appareil comme essentiellement terrestres plutôt qu'astronomiques, la Direction était du coup dotée des premiers moyens qui allaient lui permettre d'évoluer dans le domaine de plus en plus important de la géodynamique.

Le nom « Direction de la physique du globe » fut choisi pour remplacer « Observatoire fédéral » après la réorganisation de 1970. Les graphiques ci-après montrent l'effectif (moins les secteurs de l'astronomie et du service de l'heure avant 1970) et le budget de la DPG de 1959 à 1984. Pour comparaison, nous joignons également des graphiques semblables qui montrent la situation de la CGC. Et l'effectif et le budget en dollars constants de la DPG accusent de légères baisses certaines années postérieures à 1971. Les graphiques présentent des échelles proportionnelles (ou logarithmiques), de sorte que toute variation disproportionnée entre la CGC et la DPG se traduit par une divergence de courbes par ailleurs parallèles. En 1964, les activités ressortissant à la limnologie passèrent de la CGC au ministère de l'Environnement. En 1964, le service de l'heure et les activités de nature astronomique passèrent de la DPG au Conseil national de recherches.

b) Le mandat

L'énoncé de l'objectif global de la Direction peut être trouvé à différents endroits avec quelques variantes. On peut lire ce qui suit dans le rapport 1983-1984 du Secteur des sciences de la Terre : « La Direction de la physique du globe a pour mandat d'assurer un service de données et d'information; ce service est d'envergure nationale, mais il comporte d'importantes ramifications internationales. » La description de programme qui figure dans le libellé du programme du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pour 1984-1985 dit plutôt ce qui suit :

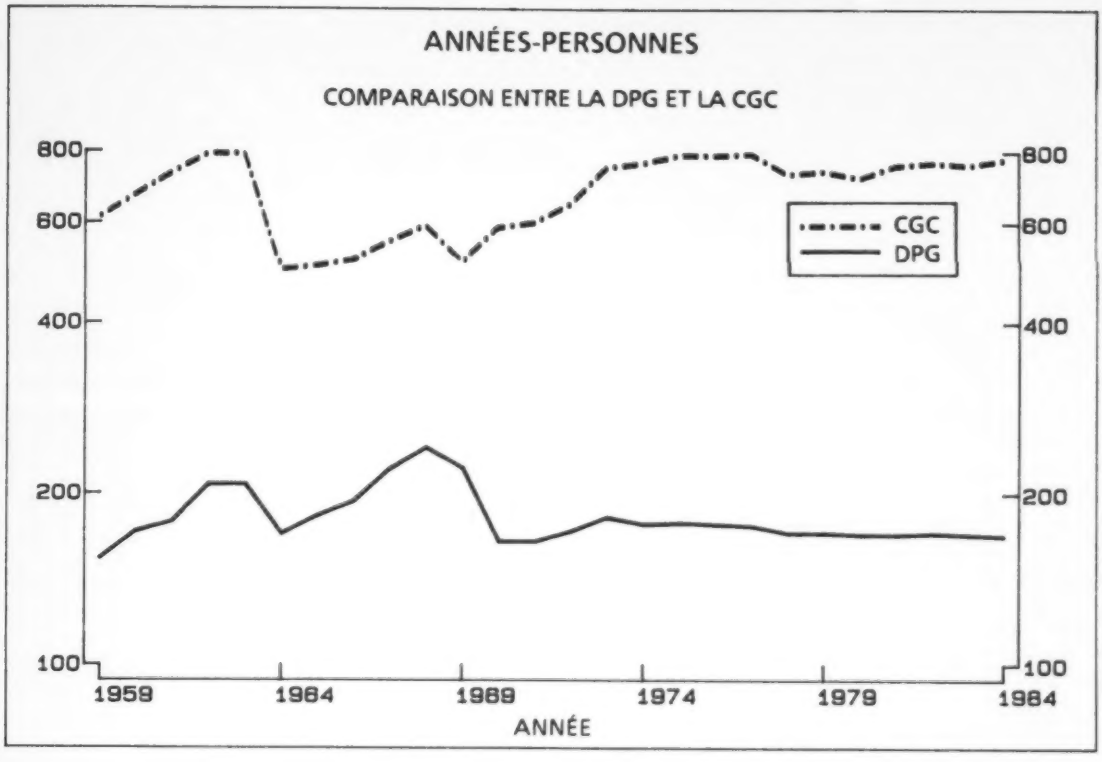
> Physique du globe : fournir une base de données géophysiques complète sur la structure, le dynamisme et les dangers naturels de la masse continentale canadienne ainsi que des régions situées au large des côtes; exploiter des réseaux nationaux d'observatoires géophysiques et contribuer à la définition de normes géophysiques.

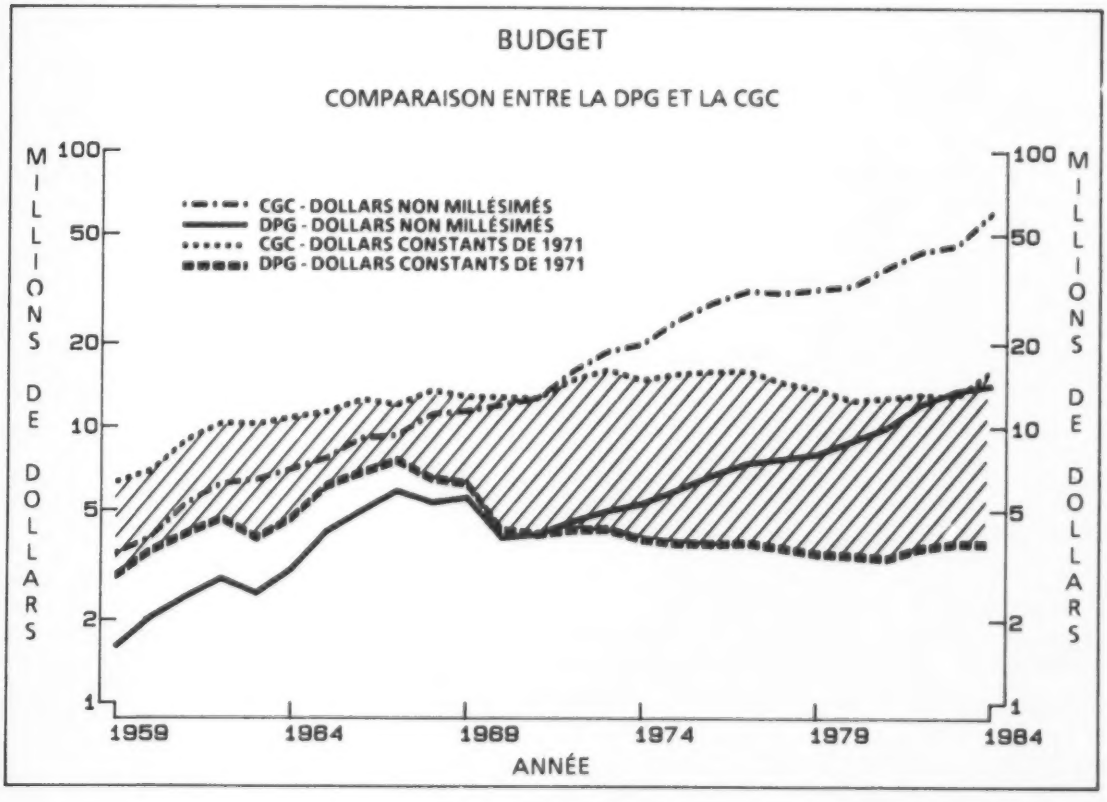
Des énoncés semblables ont fait leur apparition depuis 1970-1971, lorsque la mention de l'astronomie a été supprimée.

Nous croyons que la description de programme présente un mandat réalisable pourvu qu'on n'en fasse pas une interprétation trop étroite. Nous insistons sur ce point pour plusieurs raisons. Premièrement, pour que la base de données soit utile, il faut que des décisions intelligentes soient prises quant aux données à collecter et aux méthodes à employer pour les collecter. Il s'ensuit immédiatement que le personnel de l'organisation doit avoir une très grande compétence en géophysique, si bien que l'organisation doit obligatoirement présenter quelques-uns des caractères d'un institut de recherche. Deuxièmement, la géophysique a, par nature, une portée globale et la « géophysique de l'écorce terrestre » n'est aucunement limitée, dans le plan « vertical », dirons-nous, par la surface du globe. Le caractère global a des ramifications à la fois scientifiques et institutionnelles. Ainsi, un scientifique spécialiste des sciences de la Terre devra à l'occasion se livrer à l'étude d'un problème dont certaines manifestations sont ailleurs pour comprendre certaines manifestations constatées au Canada. Si, par exemple, l'étude de processus tectoniques ailleurs dans le monde aboutit à des conclusions d'ordre géodynamique pouvant être utilisées pour comprendre des processus semblables au Canada, il convient de ne pas décourager le scientifique de poursuivre la recherche. Quant à la ramification institutionnelle, il faut la voir dans le fait que la géophysique progresse grâce à l'apport ininterrompu de nombreux pays qui contribuent aux programmes globaux d'observation dans les domaines de la géodynamique, de la gravimétrie, de la sismologie et du géomagnétisme. La compatibilité des observations et de la réduction des données et la régularité de l'alimentation en données des Centres mondiaux de données sont de la plus haute importance. Cela suppose le maintien de liens permanents entre les instituts nationaux de différents pays et avec les organisations internationales.

Le fait que la géophysique « de l'écorce terrestre » ne s'arrête pas à la surface du globe trouve son illustration la plus éloquente dans le géomagnétisme, qui étudie notamment les champs générés à l'extérieur qui font sentir leur influence à l'intérieur de la terre, et la géodynamique moderne, science dans laquelle les techniques comme l'observation par satellite et la radio-interférométrie à grande base ont tant à apporter.

Les mandats du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources sont également énoncés dans diverses lois. Le Comité a relevé que, avant 1970, la Loi sur les ressources et les relevés techniques renfermait la disposition suivante :


ANNÉES-PERSONNES
COMPARAISON ENTRE LA DPG ET LA CGC
800
600
400
200
100
CGC
DPG
1959
1964
1969
1974
1979
1984
ANNÉE


BUDGET
COMPARAISON ENTRE LA DPG ET LA CGC
MILLIONS DE DOLLARS
100
50
20
10
5
2
1
CGC - DOLLARS NON MILLÉSIMÉS
DPG - DOLLARS NON MILLÉSIMÉS
CGC - DOLLARS CONSTANTS DE 1971
DPG - DOLLARS CONSTANTS DE 1971
1959
1964
1969
1974
1979
1984
ANNÉE

Le Ministre doit :

e) exercer le contrôle, la gestion et l'administration de tout observatoire astronomique maintenu par le gouvernement du Canada.

Consécutivement au transfert de l'astronomie au CNR, cette disposition a été supprimée. Nous croyons qu'il conviendrait, le moment venu de réviser la Loi, de reformuler la clause :

Le Ministre doit :
assure le contrôle, la gestion et l'administration des observatoires géophysiques du gouvernement du Canada.

c) Les comités spéciaux

Entre 1978 et 1981, la majeure partie du programme de la DPG a été examinée par sept comités spéciaux. Comme chacun des comités se penchait sur un secteur d'activités précis et était composé de personnes qui y avaient un intérêt particulier, l'examen a été dans tous les cas approfondi. Même si, après trois à six ans, la situation a pu changer dans certains cas (comme suite à la restructuration à Ottawa et au Centre géoscientifique du Pacifique, par exemple), nous avons trouvé les rapports de ces comités et les mesures prises consécutivement par la Direction extrêmement utiles. Nous reviendrons plus loin sur les recommandations des comités, lorsque nous aborderons les activités particulières, mais il convient de résumer ici leurs conclusions et les recommandations qui traitent des grands principes.

Tous les rapports s'entendaient sur un point : la DPG s'acquitte avec compétence et efficacité de l'une de ses tâches principales, l'exploitation d'observatoires (sismographiques et magnétiques) aux fins de l'acquisition et de la communication de données géophysiques fondamentales. Certains rapports réclament la densification de la couverture ou une intensification de l'interprétation des observations par les scientifiques de la DPG. Il est déplorable que, dans certains cas, non seulement la Direction a été incapable de dégager les ressources qui lui auraient permis de donner suite aux propositions, mais encore la situation a changé pour le pire. C'est ce qui s'est produit notamment avec une recommandation du comité chargé des réseaux séismographiques canadiens, recommandation qui voulait que les stations de l'Arctique canadien soient plus prioritaires. Une autre recommandation du même comité traitait des sismographes de mesure des secousses fortes (en champ libre); nous y reviendrons plus tard.

Le comité chargé du programme de la carte gravimétrique du Canada, tout en soulignant l'efficacité du programme, recommandait, sans autre précision, de consacrer aux travaux une somme supplémentaire de 200 000 $ par année et trois années-personnes. Comme la Direction, nous sommes perplexes quant aux raisons ayant motivé cette recommandation que n'accompagnait nulle proposition de programme détaillée; cela dit, toute la question de l'avenir du programme de carte gravimétrique a gagné en complexité pour des raisons de besoin et de technologie. Mais nous y reviendrons. L'une des principales recommandations du comité chargé du service de géodynamique voulait que soit nommé un géophysicien ayant de l'intérêt pour la dynamique globale et la technique régionale. Nous relevons qu'il n'a pas été possible de donner suite à cette recommandation et en réitérons le caractère hautement prioritaire. L'accaparement total du personnel actuel par le travail opérationnel et par la planification que requièrent les nouvelles technologies a donné lieu à une interruption de la recherche d'intérêt global qui caractérisait le groupe au début des années 1970. Le même comité recommandait un resserrement des rapports avec Levés géodésiques, point sur lequel nous reviendrons.

Le comité spécial chargé des études géothermiques a traité en détail des programmes comportant de la recherche faite à contrat et des modalités d'examen externe des projets qu'il y aurait lieu d'appuyer. Le rôle de la recherche faite à contrat reste un important problème qu'il faudra régler.

Trois comités spéciaux se sont penchés sur le travail de l'ancienne Division de géomagnétisme : observatoires géomagnétiques et stations de mesure des variations géomagnétiques, cartes géomagnétiques et interprétation et études des phénomènes d'induction paléomagnétique et électromagnétique. La situation a changé de façon appréciable dans ces domaines; ainsi, avec la disparition de la Division, un groupe distinct s'est constitué à la DPG pour s'occuper de paléomagnétisme. Ce développement nous a amenés à regarder de près les relations et la coordination entre tous les groupes évoluant sur le terrain, ce qui constituait un point soulevé par l'un des comités spéciaux. À certains égards, des progrès notables ont été accomplis, notamment sur le plan de l'automatisation et de la supervision faite à contrat des observatoires magnétiques, ce qui a permis de laisser intact le réseau d'observations magnétiques. Mais les deux premiers comités mentionnés ci-dessus, tout en faisant fortement l'éloge des produits (registres des variations magnétiques et cartes du magnétisme), ont recommandé fortement que la capacité de la Direction en recherche fondamentale connexe soit accrue. Nous regrettons de constater que la tendance a plutôt pris la direction opposée.

Nombre des comités spéciaux ont formulé des commentaires sur les rapports avec les universités, l'industrie et d'autres organismes, comme la Commission géologique du Canada. Nous avons examiné ces rapports et nous les analysons à la section V.

Dans des commentaires sur les comités spéciaux, le Rapport d'évaluation du Ministère notait que leurs membres mêmes n'étaient dans certains cas pas impartiaux face à l'activité de la DPG. Il est difficile de concevoir ce qui aurait pu être fait de plus pour ne pas donner prise à cette critique tout en faisant appel à des personnes qui connaissaient bien les divers domaines. La plupart des comités comptaient des membres provenant de l'extérieur du Canada et leur composition : universitaires, personnes provenant d'autres organismes gouvernementaux

et de l'industrie, n'était pas sans similitudes avec celle du présent comité d'examen.

IV SONDAGE AUPRÈS DES UTILISATEURS

a) Objet

Le sondage a été effectué au sein de la communauté des géophysiciens. Les questions visaient essentiellement à déterminer ce qui suit :

1. comment on utilise les produits de la DPG;
2. comment on perçoit la qualité du travail et du service de la DPG;
3. ce qu'on pense du mandat et du programme de la DPG.

La mise au point du questionnaire est le fruit des efforts de nombreux collaborateurs. La DPG et la Direction de l'évaluation des programmes d'ÉMR a établi le premier jet qui a été examiné, modifié et finalement approuvé par le Comité. Statistique Canada a mis la touche finale en intervenant au niveau des détails techniques propres à faire du questionnaire un véritable instrument de sondage.

b) L'échantillonnage

Le sondage s'est fait par la poste; le questionnaire a été envoyé à un échantillon stratifié d'utilisateurs. La constitution de l'échantillon s'est faite en trois étapes :

1. compilation de la liste principale des clients;
2. stratification de la liste par catégories d'utilisateurs;
3. tirage au hasard de sujets dans chaque strate à proportion de sa population.

La liste principale était elle-même composée d'autres listes :

1. plusieurs listes d'utilisateurs préparées par la DPG;
2. une liste des membres de la *Canadian Society of Exploration Geophysicists* (CSEG) fournie par M. Pater Savage, du Comité d'examen;
3. une liste des membres de la Société canadienne d'exploration géophysique (KEGS) fournie par G.D. Garland;
4. une liste des membres de l'Union géophysique canadienne (UGC) fournie par M. Adrian Camfield, de la DPG.

La liste principale a été épurée des doublons et des non-utilisateurs comme les bibliothèques et les écoles secondaires. Cette liste comptait 1 732 utilisateurs, dont les noms ont été répartis selon les catégories suivantes :

1. catégorie générale de génie, compagnies d'assurances, catégorie générale d'exploration;
2. universités;
3. services du gouvernement fédéral, Petro Canada et sociétés de la Couronne;
4. instrumentation géophysique;
5. experts-conseils et entrepreneurs miniers;
6. sociétés minières;
7. organisations internationales (par ex. : centres mondiaux de données);
8. experts-conseils — Pétrole et gaz;
9. sociétés pétrolières et gazières;
10. organismes ou gouvernements provinciaux;
11. services généraux (par ex. : compagnies d'électricité ou de téléphone).

La population visée a d'abord été stratifiée en fonction des catégories ci-dessus. Les sujets de chaque strate ont ensuite été choisis au hasard à l'aide d'un générateur de nombres aléatoires. Prévoyant un certain nombre de non-réponses, le Comité d'examen a décidé de considérer un échantillon de l'ordre de 1 000 répondants. Le nombre de sujets retenus dans chaque strate était proportionnel à la population de la strate. Tout cela a donné un échantillon de 1 013 noms, chiffre qui reflète l'effet de l'arrondi. La taille de l'échantillon convient à toutes les fins.

Si nulle réponse ne venait de l'un des sujets, on choisissait une autre personne au hasard dans la même strate, conformément aux principes élémentaires de la statistique.

Le questionnaire a dans une certaine mesure été prétesté. Huit utilisateurs de Vancouver ont été interrogés afin de savoir s'ils avaient eu de la difficulté à remplir le questionnaire et si les questions étaient comprises comme on le souhaitait. Les huit utilisateurs représentaient, ensemble, les secteurs suivants : les universités, les services généraux, experts-conseils miniers et géoscientifiques. Le pré-test a montré que le questionnaire était bien conçu — toutes les personnes interrogées en ont dit beaucoup de bien.

c) Résultats et constatations

i) Profil des répondants

Trois cent quatre-vingt-dix personnes (38 p. 100 de l'échantillon) ont répondu; de ce nombre, 33 se sont excusées de ne pouvoir remplir le questionnaire. Conformément à la théorie de l'échantillonnage et considérant les données collectées, ce taux de réponse est suffisant pour tirer des conclusions.

Au sein de l'échantillon, trois groupes dominent : l'industrie pétrolière et gazière (43 p. 100), les universités (21 p. 100) et l'industrie minière (14 p. 100). Ils représentent ensemble près de 80 p. 100 des répondants. La figure 4 C-1 donne le détail.

Géographiquement, les clients de la DPG se répartissent dans le monde entier. Trois cent trois Canadiens (85 p. 100) ont répondu, 36 Américains (10 p. 100) et 17 personnes d'autres pays (5 p. 100). Chez les répondants canadiens, 153 (50 p. 100) étaient en Alberta, 45 (15 p. 100) à Toronto, 24 (8 p. 100) en Colombie-Britannique, 21 (7 p. 100) à Ottawa et 18 (6 p. 100) au Québec. Considérant la répartition de la population visée par l'enquête en fonction du secteur industriel et du lieu géographique, l'échantillonnage de répondants est fort représentatif.

Tableau 4 C-1 Catégories de répondants

Catégorie	Nombre	%
Industrie pétrolière et gazière	155	43
Universités	75	21
Industrie minière (y compris l'instrumentation géophysique)	50	14
Gouvernement fédéral (les pays étrangers sont inclus)	30	8
Experts-conseils géoscientifiques	19	5
Gouvernements provinciaux (les pays étrangers sont inclus)	15	4
Services généraux	6	2
Autres industries	4	1
Organismes internationaux	3	1
TOTAL	357	98 (2 % d'erreur d'arrondi)

ii) Service aux clients

Les résultats du sondage révèlent que la DPG sert bien ses clients. Quelque 85 p. 100 des répondants utilisent les services de la DPG d'une façon ou d'une autre. Si l'on exclut le secteur du pétrole et du gaz, la proportion des utilisateurs passe à plus de 90 p. 100 des répondants. Les gens lisent les rapports et les publications de la DPG pour se tenir à jour. La communauté universitaire profite bien de toute la gamme des extrants de la DPG et les utilise à des fins d'enseignement également. Dans les domaines de la sismicité, du champ géomagnétique et de la gravimétrie, la DPG collecte et compile des données d'observation de base et elle est certainement considérée par les utilisateurs comme une source de donnée qui fait autorité en la matière. Le tableau 4 C-2.1 montre la répartition des répondants par type d'extrant et par secteur industriel. Globalement, les résultats des travaux de gravimétrie sont les plus largement utilisés; les deux tiers environ des sujets interrogés les utilisent.

Au sujet de l'importance que les répondants accordent aux divers produits de la DPG, seulement 150 personnes environ, soit 40 p. 100, ont exprimé leur opinion. Certains, entre 5 et 15 personnes, pensent que les extrants de la DPG ne sont pas importants. Par conséquent, la plupart des répondants considèrent les extrants importants.

Cinq personnes ont mentionné que la DPG ne produisait pas certaines choses dans les délais et qu'elles ne trouvaient pas non plus les produits dignes de confiance. Cela dit, la majorité des répondants tient en haute estime la DPG pour son respect des échéances et la fiabilité de ses produits.

iii) Connaissance personnelle de la DPG dans la communauté géoscientifique

Cent vingt répondants ont fait état des raisons pour lesquelles ils n'utilisent pas les extrants de la DPG; 56 ont affirmé qu'ils n'avaient nulle notion de ce que la DPG produit et 48 ont dit estimer que les extrants n'avaient rien à voir avec leur travail. Le fait que ces deux groupes soient composés essentiellement de personnes évoluant dans le secteur minier ou pétrolier et gazier dénote une ignorance notable, chez le secteur privé, de ce que fait le gouvernement fédéral en géophysique.

iv) Point de vue des utilisateurs sur le programme de physique du globe d'ÉMR

Une quarantaine de répondants n'ont pas exprimé leur opinion sur ce que devrait être le mandat de la DPG.

Tableau 4 C-2.1 Utilisation des extrants de la DPG par les répondants

Type d'extrants	Secteurs					Total	
	Pétrole et gaz	Universités	Mines	Gouvernement[1]	Autres industries[2]	Nombre	Pourcentage
Gravimétrie	94	50	39	30	9	222	62
Structure du globe	55	57	28	30	10	180	50
Sismologie	58	46	11	28	13	156	44
Géophysique marine	72	37	17	20	6	152	43
Champ magnétique	45	36	39	21	7	148	41
Sismicité	32	49	14	30	21	146	41
Pergélisol	47	14	14	15	7	97	27
Géodynamique	20	46	7	18	5	96	27
Études géothermiques	23	31	15	14	6	89	23
Normes géophysiques	27	15	27	10	2	81	23
TOTAL[3]	112	71	46	46	27	302	85

1. Fédéral, provincial et organismes internationaux.
2. Services généraux, experts-conseils en sciences de la Terre et « autres » industries.
3. Le total de chaque colonne n'égale pas la somme des chiffres de la colonne parce que les rangées ne s'excluent pas. Ainsi, si un répondant du secteur pétrolier et gazier utilise des extrants en gravimétrie et en sismicité, il est compté une fois, pas deux.

Parmi ceux qui l'ont fait, 90 p. 100 ou plus approuvent l'inclusion des activités suivantes dans le mandat :

- exploitation d'observatoires;
- établissement de cartes nationales de données géophysiques;
- exploitation d'installations d'étalonnage;
- tenue de bases de données nationales;
- diffusion d'avertissements de risques de nature géophysique;
- publication de données et d'information sur les extrants de la DPG.

En ce qui concerne les autres activités, les pourcentages des personnes qui approuvent leur inclusion sont les suivants :

- recherche fondamentale : 84 p. 100;
- établissement de normes pour les travaux sur le terrain : 80 p. 100;
- exécution de levés sur le terrain : 65 p. 100;
- réduction et interprétation de données de terrain : 62 p. 100.

Pour les détails, voir le tableau 4 C-4.1.

Généralement parlant, la communauté géophysique est d'accord pour que la DPG poursuive des activités de recherche fondamentale. Toutefois, ceux qui ont exprimé leur désaccord estimaient que la recherche fondamentale devait se faire de concert avec les universités.

L'opposition à la poursuite par la DPG d'activités d'établissement de normes pour les travaux sur le terrain est aberrante. Les gens de l'industrie et des universités aimeraient travailler avec la DPG à l'établissement de ces normes.

Les deux dernières activités ont fait l'objet d'une vivre opposition, près du tiers des répondants ne se disant pas d'accord pour que la DPG s'acquitte de ces tâches. Le Comité d'examen en est resté perplexe. C'est dans le secteur privé, et notamment dans les industries minière et pétrolière et gazière, que l'opposition est la plus vive. En fait, tout le travail de levés sur le terrain accompli sous la direction de la DPG est confié par contrat à des compagnies d'études géophysiques. En outre, la plupart des levés sur le terrain de la DPG servent à alimenter un quelconque réseau national de données. Il ne s'agit pas de levés de prospection. Le Comité a supposé que les opposants croient — à tort — que les levés sur le terrain effectués par la DPG sont des levés de prospection. Si c'est bien ce qui se passe, l'opposition apparente à cet aspect du mandat de la DPG repose sur une méprise.

En résumé, les utilisateurs approuvent les activités prévues au mandat de la DPG, à l'exception possible de l'exécution de levés sur le terrain et de la réduction et de l'interprétation des données ainsi collectées.

v) Suggestions

Les deux tiers des répondants n'ont avancé aucune suggestion. Parmi les suggestions qui ont été formulées, celles qui avaient trait à la nécessité des relations publiques dominaient. L'un des répondants a préconisé de mettre sur pied un programme d'information du public qui comprendrait l'ouverture de kiosques d'information dans le cadre d'assemblées à caractère géologique et géophysique, et la remise d'une liste de conférenciers aux organisations à caractère technique et non technique ainsi qu'aux universités, conférenciers aptes à traiter de « sujets d'intérêt populaire ». Une autre suggestion fréquente voudrait que l'on publie chaque année, dans des revues populaires ou dans des magazines (Oil Week, The Northern Miner, etc.), un bref résumé des projets. Quatre autres suggestions ont été formulées qui émanent d'environ 5 p. 100 des répondants :

Tableau 4 C-4.1 Opinion des utilisateurs sur le mandat de la DPG

Activité	Secteur					Total	
	Pétrole et gaz	Universités	Mines	Gouvernement	Autres industries	Nombre	Pourcentage
I Recherche fondamentale							
D'accord	112	62	39	37	17	267	84
Pas d'accord	26	9	6	8	3	52	16
II Établissement de normes pour les travaux sur le terrain							
D'accord	102	55	36	42	18	253	82
Pas d'accord	30	11	11	3	2	57	18
III Exécution de levés sur le terrain							
D'accord	78	57	24	36	10	205	66
Pas d'accord	54	13	23	8	8	106	34
IV Réduction et interprétation de données de terrain							
D'accord	74	55	24	36	9	198	64
Pas d'accord	58	15	22	7	10	112	36

1. fusionner la CGC et la DPG;
2. redonner vie aux travaux sur les instruments et les améliorer;
3. redonner de la vitalité à la DPG pour en faire la fer de lance des développements modernes en recherche géophysique fondamentale (en géodynamique, par exemple);
4. mettre sur pied des comités consultatifs qui seront chargés de coordonner les travaux de géophysique que poursuivent la DPG, l'industrie et les universités

V RAPPORTS ENTRE LA DPG ET LES ORGANISMES GOUVERNEMENTAUX, L'INDUSTRIE ET LES UNIVERSITÉS

Aux termes de son mandat, le Comité devait se pencher sur les rapports entre la Direction, d'une part, et les autres organismes gouvernementaux, les gouvernements provinciaux, le secteur privé et les universités, d'autre part. Dans notre esprit, cette analyse devait porter sur un certain nombre d'aspects. Premièrement, elle doit viser à déterminer comment les autres organisations perçoivent la DPG et ses extrants. Deuxièmement, elle suppose l'examen de la mécanique de la coordination dans chaque cas, pour voir si c'est ce qui peut se faire de mieux, ou pour déterminer s'il y a risque de double emploi ou carence au niveau des rapports. Nos constatations procèdent de l'étude des réponses au questionnaire et de discussions avec des personnes faisant partie des organisations concernées.

a) Autres organismes fédéraux

Notre examen a porté essentiellement sur trois organismes : le Conseil national de recherches, la Commission géologique du Canada et la Division des levés géodésiques, celle-ci relevant de la Direction des levés et de la cartographie d'ÉMR.

i) Conseil national de recherches

Les échanges avec le CNR se font principalement avec la Division des recherches en bâtiment, dans le domaine de la recherche sur la sismicité et sur le pergélisol, avec la Division de l'énergie, pour les études géothermiques, et avec l'Institut Herzberg d'astrophysique pour les projets du domaine de la géodynamique, notamment les travaux de planification dans le cadre du projet relatif au réseau interférométrique canadien.

Dans le domaine de la sismicité, les échanges portent surtout sur le réseau des sismographes de mesure des secousses fortes. Ces appareils ont pour raison d'être, essentiellement, de déterminer l'intensité des secousses sismisques durant les tremblements de terre de magnitude majeure. Cette information sert ensuite à établir des modèles pour la conception de structures capables de résister aux effets des tremblements de terre. Les instruments de mesure des secousses fortes se déclenchent lorsque l'accélération est d'environ 1 p. 100 de « g » et ils effectuent de brefs enregistrements des secousses.

Actuellement, la Direction de la physique du globe assume la responsabilité des stations de l'ouest du Canada, tandis que le Conseil national de recherches assume la responsabilité des stations de l'est. Il existe une entente de principe voulant que la Direction de la physique du globe assume l'entière responsabilité du réseau. Au mois de juin 1984, cette entente ne s'était pas concrétisée.

Le groupe qui coordonne ces travaux est le Comité national canadien de génie sismique, qui se compose de représentants de plusieurs ministères. Le Comité est perçu comme étant efficace et la Direction de la physique du globe est considérée par les représentants du CNR comme un membre important qui connaît bien ses domaines de travail. Il existe des liens officieux avec la DPG dans le domaine de la mesure des tensions et dans celui de la sismicité. Comme nous le verrons plus loin, dans la section sur la sismologie, il serait souhaitable d'apporter un certain nombre de modifications d'ordre technique au réseau de mesure des secousses fortes et nous recommandons de le faire quand la DPG assumera l'entière responsabilité du réseau. Nous croyons que la coopération de la DPG et de la Division des recherches en bâtiment du CNR se poursuivra, compte tenu de l'intérêt de cette dernière pour les effets des secousses fortes sur les structures.

Dans un domaine non sans rapports avec le précédent, il faut mentionner l'activité du Comité sur le code nucléaire, mis sur pied en 1975 par L'Énergie atomique du Canada, Limitée. Il s'agit d'un organisme technique qui fournit la documentation indispensable à l'établissement des normes de l'Association canadienne de normalisation (Acnor) qui concernent les installations nucléaires. C'est là une question importante, par exemple, pour ce qui est des relations avec les autres pays. De toute évidence, la technologie est semblable et, d'ailleurs, les mêmes noms reviennent dans les conversations. Enfin, il a été souligné que ces activités ne représentaient qu'une petite partie des activités du CNR, deux sur une trentaine de secteurs de projets, à la Division des recherches en bâtiment.

Dans le domaine de la recherche sur le pergélisol, les rapports sont continus avec les années. Les endroits où s'effectue la recherche en collaboration sont le delta du Mackenzie, la mer de Beaufort et Alert. Les données de base sont constituées de mesures de la température du sol. Le personnel de la Direction de la physique du globe possède l'équipement et les qualités requis pour les collecter. Les employés du CNR qui ont été interrogés ont souligné le fait que la Direction de la physique du globe possédait des laboratoires indispensables, sans lesquels les programmes de recherche en collaboration ne pourraient exister. La recherche sur le pergélisol est un domaine qui présente un intérêt tout à fait naturel pour le Canada, puisque plus de la moitié de sa superficie en recèle sur des épaisseurs variant entre un et 1 000 mètres. La liaison n'a habituellement aucun caractère officiel,

mais elle est efficace. Elle se fait en partie par l'intermédiaire du sous-comité du pergélisol du Comité associé de recherches géotechniques (du CNR).

C'est dans le domaine de l'énergie renouvelable, notamment de l'énergie géothermique, que se nouent les rapports les plus étroits avec la Division de l'énergie du CNR. Selon toute apparence, l'intérêt serait né au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et, il y a trois ans environ, un élément d'ingénierie s'est ajouté, élément qui comprend la technologie du captage de la chaleur (CNR) et la conception de systèmes (DPG). De l'avis de certaines des personnes interrogées, l'élément d'ingénierie est encore trop réduit.

Disons brièvement que les efforts du CNR portent sur les échangeurs thermiques, les pompes de chaleur et l'utilisation de la chaleur, tandis que la Direction de la physique du globe consacre plutôt les siens aux ressource géothermiques. Au total, cette activité, au sein du Conseil national de recherches, est modeste, mais des examens récents ont donné lieu à des suggestions voulant qu'on l'augmente. Le rôle de la Direction de la physique du globe est perçu comme ayant la place requise. Une bonne part des dépenses de la Direction de la physique du globe passe en contrats confiés à l'extérieur et on estime que ces dépenses sont de l'ordre du million de dollars par année. Le Conseil national de recherches entretient un concept suivant lequel le programme géothermique conserverait globalement la même taille, mais la part du travail assumée par la Direction de la physique du globe pourrait diminuer. Selon notre interprétation, ce point de vue signifie que c'est le CNR, plutôt que la DPG, qui devrait être concernée quand l'énergie géothermique « a quitté le sol ». Le Comité partage ce point de vue. (La dissolution de la Division de l'énergie a été annoncée très récemment. Nous ne connaissons pas les conséquences de cette mesure pour le programme de l'énergie géothermique.)

Les scientifiques de la Division de la gravité et de la géodynamique (DPG) ont travaillé de façon continue avec ceux de l'Institut Herzberg d'astrophysique à la mise au point d'un réseau interférométrique canadien pour la radio-astronomie et à la préparation d'une présentation à ce sujet. Comme on le sait, l'avenir de ce projet s'annonce plutôt sombre. Quoi qu'il en soit, l'apport de la DPG a été important. Le fait que le réseau servirait à faire de la recherche géodynamique présentant un intérêt particulier pour le Canada a donné lieu à certaines modifications au niveau de la conception et ajoute du poids aux arguments qui militent en faveur de son financement. Si le projet est réactivé, ces arguments garderont toute leur validité. Entretemps, l'apport des scientifiques de la DPG a abouti à la possibilité très réelle d'obtenir des unités mobiles de réception, ce qui permettrait à la Direction de pratiquer cette technique fort avancée de mesure de la tension de l'écorce terrestre.

ii) Commission géologique du Canada

Les rapports entre la Direction de la physique du globe et la Commission géologique du Canada sont complexes. Ils se caractérisent non seulement par des études en collaboration, mais également par une division du travail. Les mesures géophysiques sont le fait des divisions de la CGC dont le siège est à Ottawa et du Centre géoscientifique de l'Atlantique. Bien que la Division de la géophysique et de la géochimie, ressources soit dotée du plus vaste programme de mesure, le paléomagnétisme relève de la Division de la géologie du précambrien. Dans le domaine des géosciences marines, le Centre géoscientifique de l'Atlantique forme une division de la CGC, tandis que le Centre géoscientifique du Pacifique est exploité conjointement par la CGC et la DPG. Cet état de choses crée une asymétrie fondamentale entre la côte est et la côte ouest (avec un élément d'incertitude supplémentaire dans l'Arctique). Toutes les autres divisions de la CGC tâtent de la géophysique jusqu'à un certain point, que ce soit dans le cadre de leurs propres travaux ou à travers leur participation à des missions prioritaires nationales comme RADWASTE[1], l'étude du pergélisol, ou au Programme géoscientifique des régions pionnières et au LITHOPROBE[2]. Cela n'est pas contre nature si l'on considère le caractère interdisciplinaire croissant des sciences de la Terre. Le moindre levé géologique doit faire appel aux outils de la géophysique (et de la géochimie) pour rester à la hauteur du progrès.

Le Comité relève des différences entre la description du programme de la CGC de 1970-1971, par exemple, qui disait approximativement :

> « identification de ressources minérales potentielles, fourniture de données propres à favoriser la découverte et l'exploration de gisements de minéraux et de données pour les projets d'ingénierie, l'utilisation des terres, etc., recherche fondamentale sur la formation du globe terrestre, mise au point de nouveaux instruments et de nouvelles méthodes géologiques, »

et celle de 1984-1985 :

> « l'exécution de travaux de recherche et de levés géologiques, géophysiques et géochimiques; estimation des ressources minérales et énergétiques non renouvelables; étude des phénomènes géologiques qui ont une incidence sur les travaux d'ingénierie et sur l'environnement; mise au point de technologies géophysiques et autres; élaboration de normes géoscientifiques nationales; promotion des géosciences canadiennes et des activités géoscientifiques internationales du Canada; coopération avec les provinces, conseils au gouvernement et production et diffusion de cartes et de rapports. »

---

[1] Radioactive Water Disposal Program : programme d'évacuation des déchets radioactifs.

[2] Projet d'étude des relations entre les structures profondes de la terre (lithosphère) et les caractéristiques géologiques en surface.

Bien que notre mandat ne nous autorise pas spécifiquement à formuler des commentaires sur l'énoncé de programme d'une autre Direction, nous soulignons tout de même que les deux allusions à la géophysique et l'emploi du terme général « géosciences » sème la confusion dans l'appréciation de la division du travail entre la CGC et la DPG.

Considérant la division actuelle de l'activité géophysique proprement dite, l'intérêt de toutes les divisions de la CGC pour la géophysique et le besoin d'intrants géologiques dans nombre de travaux de la DPG, nous n'avons franchement pas trouvé que l'esprit de collaboration qui régnait entre les deux directions à Ottawa avait la qualité voulue. Des agents de la CGC ont affirmé que la coopération entre les deux directions s'était améliorée ces dernières années, en partie en raison de leur participation commune à certains projets mandatés. Si tel est le cas, c'est là une tendance à encourager, mais pas au détriment de l'identité de l'une ni de l'autre organisation.

Il a déjà été suggéré (par l'un des comités spéciaux) qu'un comité mixte de travailleurs en paléomagnétisme (provenant de la DPG *et* de la CGC) soit mis sur pied. Nous reprenons cette suggestion à notre compte et percevons la nécessité de groupes de travail sans caractère officiel dans d'autres domaines (la structure de l'écorce terrestre, par exemple). Les gestionnaires des deux directions devraient faire tout leur possible pour favoriser la confiance mutuelle et la coopération scientifique entre les membres de ces groupes, de même, naturellement, qu'entre les membres des organisations officielles qui s'occupent de RADWASTE, de pergélisol, du Programme géoscientifique des régions pionnières, etc.

La dichotomie entre l'est et l'ouest qui caractérise l'organisation de la géophysique marine a certainement causé des problèmes dans le passé. Ce n'est que récemment, par exemple, que les mesures gravimétriques prises en mer par le Centre géoscientifique de l'Atlantique ont été incluses dans le jeu de données gravimétriques nationales. Nous croyons comprendre que tout est maintenant rentré dans l'ordre à cet égard et que la coopération est maintenant totale entre le Centre géoscientifique de l'Atlantique et le Centre géoscientifique du Pacifique pour ce qui est de l'utilisation optimale des deux seuls gravimètres marins du Canada, dont chaque organisation possède un exemplaire. Il restera certainement souhaitable pour les scientifiques de la DPG de travailler au Centre géoscientifique de l'Atlantique, par exemple sur les problèmes de sismicité sur la côte est. Encore là, nous préconisons une attitude de respect et de considération mutuels tant chez les visiteurs que chez l'organisation hôtesse. Dans les laboratoires du Centre géoscientifique du Pacifique, nous avons observé une ambiance d'interaction entièrement satisfaisante entre les scientifiques de la CGC et ceux de la DPG. Sans aucun doute, le fait que les deux groupes étaient davantage préoccupés par l'étude des vrais problèmes de technique des fonds marins et de la côte ouest que par les procédures bureaucratiques contribuait à cet état de choses, mais le directeur l'a lui-même grandement encouragé. Depuis notre passage chez eux, nous avons appris qu'il y a eu des problèmes d'ordre administratif qui ont découlé du processus conjoint d'établissement du budget. Encore là, nous pressons les administrations de la DPG et de la CGC de faire tout ce qui peut être fait pour aider le directeur du Centre géoscientifique du Pacifique à réduire ces problèmes.

iii) Division des levés géodésiques

Les relations avec la Division des levés géodésiques ont changé de façon marquée avec les années. Comme nous l'avons mentionné plus haut, l'Observatoire fédéral, à l'origine, jouait surtout un rôle de soutien de la géodésie pratique et la Division des levés géodésiques procède de l'Observatoire. Pendant des années, la Division, quoique constituant une organisation distincte du Ministère, était située tout près de l'Observatoire, jusqu'à ce que des locaux lui soient attribués dans le bâtiment qui abritait la Direction des levés et de la cartographie. S'il est donné suite au projet de transfert de la Direction des levés et de la cartographie à Sherbrooke (Québec), la séparation physique de la Division des levés géodésiques et de la Direction de la physique du globe s'accentuera encore. Sur le plan scientifique, les buts et les technologies de la Division des levés géodésiques et de la Division de la gravité et de la géodynamique de la DPG n'ont dans bien des cas jamais été aussi proches qu'à l'heure actuelle. Les étonnants progrès réalisés récemment en géodésie moderne, notamment ceux qui concernent les techniques spatiales, sont riches de promesses pour les études géodynamiques et pour la précision de la détermination de la position. En même temps, nombre de ces techniques nouvelles exigent une connaissance de plus en plus une grande du champ gravitationnel. Ainsi, les deux Divisions font appel aux compétences l'une de l'autre et se rendent mutuellement service, pour leurs programmes respectifs.

Nous considérons que la coopération entre les deux organisations est efficace et efficiente, et ce, grâce surtout au comité mixte de scientifiques qui est fort actif sur ce plan. Il semble toutefois y avoir un certain chevauchement ou un certain doublement des activités dans le domaine particulier de l'évaluation du géoïde. Il s'agit là d'un problème d'ordre pratique des plus importants et le Comité presse les deux organisations de l'examiner avec le plus grand soin, pour déterminer s'il ne serait pas possible d'accroître l'efficacité par rapport au coût.

b) Industrie

Les rapports entre la DPG et le secteur privé prennent des formes très différentes. La Direction est d'abord un pourvoyeur de services et de données fondamentales (valeurs gravimétriques, magnétogrammes) aux industries pétrolière et minière, qui s'exécute soit directement, soit par l'intermédiaire d'entrepreneurs en géophysique. La Direction fournit aussi de l'information capitale sur la sismicité aux ingénieurs-conseils. Elle supervise les contrats du gouvernement avec l'industrie pour ce qui est de ses programmes de base (par exemple : les levés sur le terrain) et des programmes relatifs au pergélisol, à l'éner-

gie et de RADWASTE. Il existe par ailleurs un domaine où les échanges sont limités actuellement mais qui pourrait se développer bien davantage : celui du transfert de la technologie des instruments au secteur canadien de fabrication d'instruments de géophysique.

Nos renseignements sur le premier domaine, celui des données et des services, proviennent principalement des réponses au questionnaire et, dans une certaine mesure, des études des comités spéciaux. Il semble y avoir consensus quant à la grande qualité des produits de la DPG. Auprès de l'industrie pétrolière, il se pose un problème qui prend la forme d'un besoin de visibilité accrue et que nous traitons ailleurs. La communauté géophysique minière, qui se dit par ailleurs contente des services obtenus, a formulé des suggestions voulant que l'on aille plus loin dans l'interprétation fondée sur le jugement de certaines données et auxquelles la Direction n'a pas encore répondu. (Par exemple, une demande — qui d'ailleurs avait l'appui du comité spécial qui s'occupait du domaine — revenait fréquemment : que l'on publie une carte du Canada sur laquelle seraient indiquées les régions dont les magnétogrammes de chaque observatoire magnétique seraient jugés représentatifs.) Mais, en règle générale, les relations dans ce domaine sont bonnes. Dans celui de la sismicité, il est généralement admis que le rôle de la DPG réside dans le zonage sismique du Canada, y compris de ce que cela peut avoir de conséquences pour les codes, mais que les études et les recommandations propres à un lieu particulier reviennent à bon endroit aux consultants privés.

L'affermage des études sur le terrain et autres à l'industrie a sans aucun doute été bénéfique pour l'industrie canadienne et a libéré une partie du personnel des affaires courantes, du moins dans le cas des programmes de base. Le Comité s'interroge, comme nous le soulignons ailleurs, sur l'incidence sur la carrière des scientifiques considérés individuellement de la très grande place que prend la supervision des contrats.

Pour le bien des scientifiques de la DPG et de l'industrie, nous préconisons le développement d'un autre type de rapports, notamment dans le domaine de la haute technologie : l'initiative conjointe. Autrement dit, aux rapports superviseur-entrepreneur se substitueraient des rapports à travers lesquels des scientifiques créatifs de la DPG et de l'industrie travailleraient ensemble à faire de la recherche, tout comme certains projets de la DPG avec les universités sont entièrement mixtes. Ce type de rapports crée un cadre optimal pour le transfert de technologie et contribue à effacer l'impression (que le Comité a entendu exprimer) que les tâches les plus répétitives sont celles qui sont confiées à contrat. Nous sommes conscients du fait que, puisque, dans les initiatives conjointes, les risques sont partagés, les problèmes d'ordre administratif sont probablement plus difficiles à surmonter que ceux qui se posent dans le cas des contrats, mais nous croyons néanmoins que le jeu en vaut la chandelle.

Le transfert de technologie dans la mise au point de systèmes de mesure s'est à ce jour largement concentré dans le domaine des capteurs magnétiques et du dispositif d'observation magnétique automatique. Actuellement, l'enregistreur simplifié utilisable en sismique-réfraction et mis au point à la DPG est très prometteur, comme le sont, pour l'avenir, les dispositifs de mesure de la gravité absolue et de la gravité relative et d'autres appareils du domaine de la géodynamique. Les relations entre les scientifiques de la DPG et les compagnies canadiennes d'appareils géophysiques semblent bonnes et la Direction n'est pas réticente à venir en aide à ces dernières. Les problèmes qui malgré tout se posent ne sont, dans une large mesure, pas du ressort du Ministère et ce sont, en fait, ceux qui semblent souvent être mal compris par ceux qui décident des politiques gouvernementales. Ce n'est pas le financement de la construction d'un prototype d'instrument qui règle les problèmes de l'industrie canadienne, ce sont les premières commandes multiples qui en sont faites. La politique gouvernementale peut aider en donnant l'exemple, en achetant le produit et en favorisant le développement des marchés à l'étranger. Mais chaque minute compte et tout retard est nuisible aux fabricants canadiens. Nous croyons, par exemple, qu'il existe aujourd'hui un excellent marché d'exportation pour l'enregistreur utilisable en sismique-réfraction conçu par la DPG pour LITHOPROBE. Nous croyons également que d'ici un an environ, d'autres pays auront mis au point le leur.

c) Universités

Les groupes universitaires canadiens de géophysique et la DPG ont en commun l'objectif de faire avancer l'étude de la physique du globe et de favoriser dans le public une meilleure compréhension du sujet. Les relations entre les universités et la Direction s'établissent à plusieurs niveaux : étudiants de premier et de deuxième cycle employés temporairement; diplômés de troisième cycle susceptibles de devenir boursiers d'études post-doctorales; membres de la faculté susceptibles de jouer divers rôles, y compris ceux d'entrepreneurs ou de signataires de conventions de recherche ou de collaborateurs à des travaux de recherche entièrement mixtes.

La DPG a hérité de son prédécesseur, l'Observatoire fédéral, d'une longue tradition d'embauche d'étudiants l'été, tradition qu'il a perpétuée. En effet, dans tous les domaines des sciences de la Terre au Canada, il est des scientifiques aujourd'hui de haut niveau qui ont fait leurs premières armes dans un service du Ministère. Il est extrêmement préoccupant de songer que le programme d'emplois d'été pour étudiants puisse être considérablement réduit (comme l'indiquait une déclaration budgétaire du gouvernement fédéral à l'automne 1984). Il s'agit de toute évidence d'un problème, mais d'un problème dont la solution n'est pas à la portée de la seule DPG. Les conséquences, pour la DPG et pour les étudiants de premier cycle qui s'intéressent à la géophysique, seraient très graves. Par conséquent, le gouvernement ne doit pas réduire le programme d'embauche estivale d'étudiants. Tout indique que les étudiants de deuxième cycle tirent

profit de leur stage et de l'emploi, pour leurs thèses, des notions qu'ils ont acquises grâce à leur travail à la DPG. Cette politique doit naturellement être encouragée.

Nous avons la conviction que, depuis plusieurs années, le programme de la DPG s'enrichit considérablement de l'apport des boursiers d'études post-doctorales. Qu'on en prenne pour preuve la fréquence avec laquelle leur nom revient, à titre d'auteur ou de co-auteur, dans la liste des publications. Les boursiers d'études post-doctorales apportent du sang neuf à tout établissement et, dispensés qu'ils sont de toute tâche administrative, ils peuvent consacrer tout leur temps à la recherche. Nous détectons en ce moment des signes de découragement quant à la possibilité de poursuivre le programme. Deux raisons expliqueraient cet état de choses. Premièrement, le nombre de bourses pouvant être accordées à des non-résidents du Canada par rapport à celles qui sont accordées à des résidents du Canada est assujetti à des restrictions fermes. Deuxièmement, le nombre de Canadiens terminant leurs études de doctorat en géophysique de l'écorce terrestre est toujours très restreint, et la concurrence pour s'assurer leurs services est très vive. Il faut déployer davantage d'efforts à accroître la visibilité de la DPG auprès des étudiants canadiens de deuxième et de troisième cycles, à suivre la carrière des étudiants au doctorat et à attirer les bons candidats grâce à des contrats personnels. Parallèlement, il faudrait faire des démarches auprès des ministères concernés pour que soient relâchées les restrictions relatives au nombre de boursiers non canadiens.

Les relations entre la DPG et les facultés de géophysique des universités canadiennes sont généralement très bonnes. Il existe de nombreux exemples de projets de recherche entièrement mixtes et il s'en développera d'autres par l'intermédiaire de LITHOPROBE. La phase I de LITHOPROBE a, en effet, donné lieu à la publication de nombreux documents écrits en collaboration par des scientifiques des universités, de la DPG et de la CGC. Le travail sur le terrain de mesures de sismique-réfraction constitue également un excellent exemple de coopération sur le terrain. Nombre de membres de facultés universitaires détiennent des contrats ressortissant aux programmes de l'énergie géothermique, d'étude du pergélisol ou RADWASTE et, à l'occasion, beaucoup ont été signataires de conventions de recherche. Quand ce dernier programme a fait son apparition au début des années 1970, les fonds mis à la disposition des membres des facultés ont fortement contribué à la poursuite de travaux de recherche d'intérêt mutuel pour le chercheur et le Ministère. Malheureusement, les montants disponibles sont demeurés inchangés, de sorte que le pouvoir d'achat s'est considérablement amenuisé. Les conventions de recherche constituent maintenant les seules sources de fonds supplémentaires pour les projets qui doivent trouver ailleurs leur financement principal. La coopération mutuelle entre les universités et la DPG a inévitablement perdu de son efficacité depuis les premiers jours du Programme des conventions de recherche. Nous recommandons par conséquent de porter le financement de ce programme au moins au niveau de départ en dollars de 1970, en prévoyant des rallonges en fonction de l'inflation.

L'une des formes essentielles de l'interaction entre les universités et la Direction est celle des échanges temporaires de personnel. Bien qu'il existe de nombreux cas d'universitaires canadiens occupant temporairement un poste à la DPG ou de scientifiques de la DPG en congé de recherche au Canada ou à l'étranger, la notion d'échanges simultanés est relativement nouvelle (mentionnons le cas récent d'un géophysicien de la CGC et d'un de ses homologues d'une université canadienne). Les échanges ont l'avantage de faire profiter de regards neufs les deux groupes qui y sont parties sans leur causer de pénurie temporaire de personnel. Nous recommandons que la DPG entreprenne un échange de scientifiques avec les universités.

d) Organisations de l'extérieur du Canada

Le personnel de la DPG joue un rôle actif au sein de divers organismes internationaux et la Direction est tenue en haute estime par les responsables du réseau des Centres mondiaux de données, en raison de son apport régulier de données de haute qualité. Il existe, en outre, des domaines de coopération productive avec d'autres organismes nationaux; c'est le cas, entre autres, des études de sismicité et de géodynamique poursuivies de concert avec la Commission géologique des États-Unis (United States Geological Survey).

VI ANALYSE DE DOMAINES PARTICULIERS

a) Sismologie

Les activités de la DPG dans le domaine de la sismologie se divisent comme suit : i) observatoires ou activités de collecte de données; ii) applications ou services au pays; iii) recherche. Souvent, la distinction entre les trois secteurs perd de sa précision en raison de diverses interactions entre eux. Il est souhaitable qu'il en soit ainsi.

i) Activités des observatoires

Se rangent parmi les activités des observatoires les activités suivantes :

1. maintien et exploitation d'un réseau national (standard) d'instruments à trois composantes, et à périodes longues et courtes;
2. maintien et exploitation de réseaux régionaux et télémétrés d'instruments à courtes périodes;
3. rédaction de bulletins de sismologie et établissement de catalogues et de cartes des tremblements de terre;
4. photocopie des sismogrammes analogiques du réseau national afin qu'ils soient accessibles aux sismologues du monde entier.

Les réseaux sismologiques national canadien (standard) et régional sont des modèles de fonctionnement effi-

cace. Les sismogrammes sont de très bonne qualité, ce qui est remarquable quand on considère le milieu hostile dans lequel nombre de sismographes fonctionnent. Les instruments sont étalonnés fréquemment et les courbes d'étalonnage sont incluses dans les bulletins de sismologie. On apporte un soin particulier aux détails qui font les bons sismogrammes, comme la netteté du tracé et la qualité de la photographie. Les reproductions de sismogrammes qui sont envoyés au Centre mondial de données le sont toujours sur film 35 mm, ce qui donne des copies meilleures que les copies sur microfiche, comme celles qui se font aux États-Unis.

Il existe néanmoins quelques sujets de préoccupation. Dans les deux dernières années, l'importance des stations de Resolute Bay et de Fort Churchill a été diminuée, alors qu'on les a fait passer du palier standard au palier régional. Cette opération s'est soldée par le remplacement des sismographes à enregistrement photographique (trois composantes de longue période et trois composantes de courte période) par des sismographes à composante verticale seulement. Ce dernier enregistre sur du papier sensible à la chaleur. Il semble que ces changements aient été apportés afin de réduire le nombre d'années-personnes nécessaires au fonctionnement de la station et qu'il ne s'agisse que de changements temporaires précédant la conversion de toutes les stations standard aux sismographes numériques tri-dimensionnels et à bande large. Il est recommandé que le passage de l'instrumentation analogique à la numérique soit opéré dès qu'il sera possible de mettre en place des appareils fiables, afin que les activités canadiennes de sismographie restent à la pointe de ce qui se fait en ce domaine dans le monde entier. Il est en outre recommandé que les rejeux qui sont faits à la ressemblance des actuels sismogrammes de courtes et de longues périodes soient envoyés au Centre mondial des données de même que les bandes numériques.

Les réseaux sismographiques télémétrés de l'est et de l'ouest du Canada donnent des données de grande qualité sur les régions où l'activité sismique est la plus intense, sur les régions les plus densément peuplées du pays et sur celles dont il faut tout particulièrement se préoccuper, comme celles où l'on trouve des centrales hydroélectriques ou des centrales nucléaires. Ces réseaux, de même que les réseaux standard et régionaux, livrent une grande quantité de données qu'il faut analyser et publier, avec les coordonnées des foyers sismiques, dans les bulletins de stations. C'est une opération longue qui prend actuellement une bonne partie du temps de certains sismologues de haut niveau. Il est recommandé que des étudiants soient embauchés, à temps partiel ou pour la période estivale, pour faire une partie du travail de routine, ce qui permettrait aux sismologues de consacrer une plus grande partie de leur temps à la recherche. Cette mesure pourrait en outre intéresser les étudiants à une carrière en géophysique.

La DPG mérite une mention spéciale pour l'excellence de ses bulletins de sismologie, y compris les catalogues et les cartes de sismicité. Les générations futures, de scientifiques et de non-scientifiques, recueilleront les fruits du soin attentif actuellement apporté à ces opérations. La rapidité de publication en fait des outils très utiles pour tous ceux qui ont besoin de connaître l'activité sismique actuelle du pays.

Actuellement, l'exploitation des sismographes pour secousses fortes relève de la DPG (Centre géoscientifique du Pacifique) dans l'ouest et du Conseil national de recherches dans l'est. Bientôt, les installations de l'est passeront sous la responsabilité de la DPG — Ottawa. Le moment est donc idéal pour planifier la mise en place d'un réseau adéquat de stations sismographiques, surtout parce que le réseau actuel est, au mieux, minimal à l'aune des normes internationales, pour ce qui est du nombre et du type des instruments en activité. Les données sur les secousses fortes, relatives aux tremblements de terre dont l'intensité va de modérée à forte, sont nécessaires partout dans « l'est du Canada , de l'Alberta à la côte atlantique, et dans la région de l'Arctique. Dans la mesure où les tremblements de terre capables de déclencher les accélérographes sont relativement peu fréquents dans ces régions, le pays ne peut se permettre de rater la moindre occasion d'acquérir des données sur les secousses fortes quand il s'en produit une. Il est recommandé qu'au moins deux ou trois instruments de champ libre soient placés dans chaque zone sismique capable de donner naissance à un séisme d'une magnitude de 5 ou plus. Il faudrait en disposer beaucoup plus dans la vallée du Saint-Laurent. Il faudrait en outre disposer des instruments de mesure des secousses fortes tant en divers points de champ libre qu'à plusieurs hauteurs à l'intérieur des structures situées dans les régions métropolitaines. Il conviendrait d'envisager, à long terme, de mettre en place un réseau bi-dimensionnel et préférablement tri-dimensionnel de mesure des secousses fortes près de La Malbaie, ou une autre région sismiquement active. Étant donné que la responsabilité du programme de mesure des secousses fortes dans l'est du Canada est en train de passer du Conseil national de recherches à la DPG, cette dernière aura besoin d'un accroissement et de son budget, et de son effectif pour s'acquitter de sa tâche. Les responsabilités propres à l'est du Canada ne peuvent être assumées avec l'effectif existant, qui n'a ni le temps, ni peut-être les talents particuliers qu'exigent certains aspects techniques de la collecte et de l'analyse de données sur les secousses fortes. Le personnel scientifique du Centre géoscientifique du Pacifique doit continuer de prendre une part active au programme de mesure des secousses fortes, notamment en élaborant des plans pour la nécessaire expansion de l'effort dans l'est. L'urbanisation croissante du sud-est du Canada et le développement continu de voies de ravitaillement sophistiquées que de fortes secousses sismiques pourraient endommager garantissent que le programme de mesure des secousses fortes gagnera en importance dans l'avenir.

La mise au point d'instruments de mesure sismique constitue une variété d'activité d'observatoire. La DPG y consacre beaucoup d'énergie, si bien que tous ses sis-

mographes sont à la pointe de la technologie, y compris les nouveaux dispositifs d'enregistrement numérique. Du fait qu'elle conçoit et fabrique ses appareils, la DPG non seulement assure un solide contrôle de la qualité, mais encore se dote d'instruments conçus pour ses besoins particuliers. La nouvelle génération de sismographes numériques, avec une réponse en fréquence à bande large et un large intervalle de mesure, procurera des données qui combleront les lacunes laissées par les instruments de mesure des secousses fortes de type classique et des instruments de type « observatoire ». Il s'ensuivra que l'interprétation de ces données gagnera en sophistication si ces dernières sont exploitées de manière à utiliser tout ce qu'elles peuvent offrir. Il faudra plus d'informatique, ce qui débouchera sur la constitution de nouvelles banques d'information. Nous recommandons d'envisager la mise au point de formes appropriées de sismogrammes numériques et la conversion au numérique des sismogrammes analogiques pour la diffusion de l'information auprès de la communauté des chercheurs et des sociétés intéressées ainsi que du public, et de bien planifier le tout.

ii) Applications et services au pays

L'exploitation des stations et des réseaux sismographiques, la publication de bulletins et de cartes sismologiques, les activités connexes, de type « observatoire », constituent autant d'exemples de services rendus au pays et à la communauté scientifique internationale. Les études sur les risques sismiques et sur la tension dans les roches cristallines qui abriteraient les déchets nucléaires et autres déchets toxiques si les projets à ce sujet se concrétisent, sont également des exemples d'application de la sismologie et de services rendus à d'autres organismes du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux ainsi qu'aux secteurs industriels qui s'occupent de voies de ravitaillement, de structures essentielles et d'autres installations et qui pourraient connaître de graves pertes économiques ou être la cause de pertes de vie en cas de tremblement de terre. Les importantes études, par réfraction et par réflexion, de la lithosphère actuellement en cours ou prévus pour les prochaines années sont liées à ces problèmes, de même qu'à l'exploitation des ressources minérales. Dans la même veine, les études de la sismicité des marges continentales peuvent être d'un apport non négligeable. Les études sismologiques qui visent à identifier, localiser et discriminer les explosions nucléaires souterraines, couplées à la participation de spécialistes canadiens aux pourparlers sur le désarmement, constituent également un important apport au pays et à l'humanité entière.

La bonne exécution des activités mentionnées ci-dessus exige la poursuite, parallèlement, de travaux de recherche fondamentale, car aucune d'entre elles ne peut être accomplie par l'application de méthodes courantes de collecte et d'analyse des données. Cet état de choses — souhaitable — procure stimulus et défi aux chercheurs et suscite également en eux le sentiment de faire oeuvre utile tant à titre de scientifiques qu'en tant que particuliers qui cherchent à faire avancer la société. Cela dit, la réduction du personnel scientifique opérée ces dernières années à la DPG et l'augmentation des responsabilités présentent le danger d'entraîner le sacrifice de l'élément scientifique, au détriment des applications et des services. Si cette tendance se maintent, non seulement le moral en souffrira, mais on assistera également à une baisse de la compétence scientifique. Il est particulièrement difficile d'isoler les applications ou les services qui pourraient être réduits. Le maintien du soutien financier apporté aux activités de la DPG exige de bonnes relations avec le public, les médias, l'industrie et tous les secteurs des administrations locales, provinciales et fédérale ainsi qu'avec, à un niveau plus restreint, les communautés scientifique et universitaire. Toutefois, aucun des efforts nécessaires à cet égard ne doit être consenti au prix de se faire l'esclave des utilisateurs. Illustrons par un exemple : ni l'industrie, ni les organismes de réglementation gouvernementaux ne devraient normalement s'attendre à recevoir de la DPG des évaluations du risque de séisme pour un lieu donné. Ce genre d'activité devrait être le fait de sociétés géoscientifiques ou d'experts-conseils, si la chose est faisable. Par ailleurs, si la DPG fournissait ce genre de service à des organismes de réglementation, on pourrait éventuellement soupçonner qu'il y a collusion entre les différentes directions du gouvernement ou, selon toute probabilité, une direction contestera le travail d'une autre. Le rôle de la DPG doit plutôt être celui de conseiller des organismes de réglementation, rôle en vertu duquel elle les orienterait, et signifierait son approbation ou sa désapprobation sur les questions ressortissant au jugement scientifique.

Le questionnaire distribué par le comité d'examen donne à penser que la DPG doit mieux faire connaître ses activités et ses services. L'une des façons d'y arriver, et qui a bien réussi à la Commission géologique des États-Unis et à d'autres organismes américains, comme la *National Science Foundation*, la *Federal Emergency Management Agency*, le *Corps of Engineers* et la *Federal Energy Regulatory Commission*, consiste à tenir, au niveau régional, des conférences et des ateliers sur les tremblements de terre et leurs effets. Les participants invités proviendraient de toutes les tranches de la société — il s'agirait notamment de personnes considérées comme des « leaders » dans leur milieu et à leur niveau particuliers, que ce soit la collectivité, la province, une compagnie, une université, une société scientifique ou technique, un organisme de secours en cas de sinistre, le milieu hospitalier ou médical — et tous les aspects de la vie susceptibles d'être touchés par un tremblement de terre destructeur seraient pris en compte.

iii) Activités de recherche

Comme nous l'avons mentionné plus haut, il existe un élément de recherche dans toutes les activités sismologiques de la DPG. Dans certains cas, la recherche porte sur les aspects géologiques, et dans d'autres, elle a plutôt un caractère mathématique ou physique. La prévision des tremblements de terre, la sismicité des régions côtières ainsi que LITHOPROBE et les études connexes de l'écorce terrestre relèvent plutôt de la première catégorie, tandis que l'atténuation des ondes, l'état de tension

de la lithosphère et la construction synthétique de sismogrammes relèvent de la seconde. La recherche de la DPG sur la mesure des contraintes *in situ* est particulièrement importante, parce qu'on sait maintenant que ce paramètre a d'importantes conséquences en néotectonique et en sismique; pourtant, très peu d'autres groupes au Canada s'adonnent à son étude. Depuis le dernier examen du secteur de la sismologie (comité Uffen), il semble y avoir eu un effort conscient pour augmenter la recherche à la DPG. Il s'agit là d'une évolution encourageante, parce qu'elle régit la qualité de la sismologie au Canada dans l'avenir. En outre, et à quelques exceptions notables près, la recherche en sismologie qui se fait dans les universités canadiennes consiste en études de la lithosphère, élément important de la science de la sismologie, mais élément partiel seulement de l'objet de son étude. Il y a lieu d'encourager la DPG et la communauté universitaire à élargir leur perspective de la sismologie, dans la mesure où le leur permettent les ressources disponibles et l'intérêt des chercheurs.

b) Gravité et géodynamique

La Division de la gravité de l'Observatoire fédéral a jeté les bases de la surveillance de la gravité au Canada, et ce, de façon aussi efficace que possible. Avec un effectif limité, elle poursuivait un programme qui, sur le plan de la précision et de la couverture, faisait l'envie de la plupart des pays. L'actuelle Division de la gravité, de la géodynamique et de la géothermique (que nous abordons séparément) a non seulement pour mission de poursuivre ce travail, mais aussi de mettre au point des outils pour mesurer la déformation de la planète et de l'écorce terrestre. Cet objectif s'est fait jour lorsque les deux observatoires à télescope photographique zénithal furent laissés à la DPG après le transfert de l'astronomie au CNR, mais il s'est considérablement élargi de manière à inclure la participation à la planification d'un réseau interférométrique canadien ou de solutions de rechange sous forme de stations mobiles. Il résulte de tout cela qu'il y a à la Division un mélange de science et de technologie. Nous croyons que ce mélange convient bien aux besoins du Canada et qu'il est apte à mesurer une certaine contribution à la gravimétrie et à la géodynamique. On pourra voir un signe de l'efficacité de la Division dans le fait qu'on requiert souvent les services de ses membres pour la mise en oeuvre de programmes, à l'étranger.

Le personnel de la Division est au courant des progrès rapides de la technique moderne : satellites de positionnement géodésique, interférométrie à base longue, gravimétrie absolue, etc. Mais c'est effectivement un domaine en progression rapide et il sera nécessaire d'attirer de nouvelles compétences pour préserver le dynamisme d'une équipe en place depuis plus de dix ans. On pourrait faire appel aux services de boursiers d'études post-doctorales, ce qui constituerait une solution partielle; mais nous recommandons d'augmenter, quand c'est possible, l'effectif dans le domaine des nouvelles technologies géodynamiques.

Le domaine de l'interprétation comporte toutefois un besoin supplémentaire. La Division a été forcée de se concentrer sur la technologie. Son rendement en a, par conséquent, souffert dans le domaine des études de la flexure lithosphérique, de la viscosité du manteau supérieur et de la surrection isostatique post-glaciaire. Il s'agit là de sujets d'une importance fondamentale. Le dernier mentionné a une importance particulière pour le Canada. Nous recommandons — et ce devrait être prioritaire — l'acquisition d'un scientifique compétent dans ces domaines. Après tout, c'est pour obtenir les données nécessaires à ces études que se développe la technologie d'étude de la déformation de la croûte terrestre.

Pour ce qui est du champ de pesanteur lui-même, il se posera sans aucun doute un problème dans l'avenir, problème en partie attribuable au succès qu'a connu la DPG dans les débuts de l'établissement de la carte de ce champ au niveau régional. Les exigences de la géodésie moderne, sur les plans de la densité des stations, de la précision de la mesure de la gravité et de celle de la mesure de la hauteur, excèdent peut-être ces paramètres du présent réseau. Par ailleurs, de nouvelles techniques, la gravimétrie aérienne ou par satellite et les mesures absolues, seront prêtes à entrer en jeu. Il faudra prendre de très dures décisions : ou bien on améliore le réseau actuel (ce qui représenterait un investissement considérable), ou bien on le remplace. La décision ne peut être prise maintenant et le Comité n'est certainement pas en position de préconiser une mesure particulière. Comme d'autres pays auront à prendre une décision analogue, nous recommandons le mainteien de compétences et de contacts internationaux de haut niveau pour qu'il soit possible de faire un choix intelligent pour les années 1990.

c) Études géothermiques

i) Commentaires d'ordre général

La section de géothermie compte 9.2 années-personnes dotées d'un financement de 2 600 00 $; deux années-personnes et 2 500 000 $ intéressent le soutien du BRDE ou le soutien « léger ». Le travail de cette section englobe une vaste gamme d'activités, dont des études du pergélisol, l'évaluation de l'énergie géothermique, l'isolement des déchets nucléaires et la technologie des sources autres d'énergie. Le domaine de recherche principal du groupe est celui du flux thermique et de son interprétation eu égard à l'évolution technique et au régime tectonique actuel de la masse continentale du Canada. Le groupe s'occupe aussi de l'application des techniques relatives au flux thermique, de l'évaluation du potentiel de l'énergie géothermique, de la détermination de la profondeur du pergélisol et de l'évaluation des risques géologiques. En réponse à des besoins d'importance nationale, le groupe a étendu ses activités à l'élimination des déchets nucléaires, à la répartition gaz-hydrate et au déplacement de l'humidité dans les sols gelés. Dans la mesure où nous avons pu l'évaluer, le travail de la section de géothermie est de grande qualité. Les laboratoires sont bien équipés, encore que l'effectif soit insuffisant pour en assurer une

utilisation optimale. Nous sommes toutefois d'avis que certaines priorités sont mal placées, certaines étant sans doute dictées par l'action de forces externes comme le financement ciblé. Malgré les pressions exercées pour atteindre des buts précisés, il devrait être possible d'obtenir des données plus fondamentales sur le flux thermique à travers toutes les sous-activités décrites à la section 6.2 du programme de la DPG. Les études sur le pergélisol, par exemple, devraient procurer des données de grande qualité sur le flux thermique. Pour donner une interprétation complète de la répartition du pergélisol, il est indispensable de posséder d'abord une compréhension poussée du champ de flux thermique dans la région arctique; c'est également une contrainte nécessaire en modélisation tectonique. De même, il est nécessaire de posséder une compréhension poussée des variations latérales et verticales du flux thermique (pas la température ni le gradient de température) pour reconnaître et caractériser le mouvement des eaux souterraines là où l'on pourrait aménager un dépôt de déchets nucléaires. Il conviendrait de donner aux flux de chaleur un mode de présentation approprié et de les publier promptement, tant pour que soit ainsi accomplie la mission de recherche fondamentale du groupe de la géothermie que pour faire valoir sa réputation dans la grande communauté scientifique.

ii) Commentaires particuliers

Laboratoire. La section de géothermie a donné suite à la plupart des suggestions d'un comité spécial précédent (le comité Beck). Le laboratoire de conductivité thermique d'Ottawa est en cours de modernisation et d'automatisation, mais il y a toujours un retard d'un an et demi dans les mesures de conductivité, retard causé par le manque de soutien technique. Le problème pourrait être quelque peu atténué par l'installation d'un appareillage à source linéaire semi-infinie de type Vacquier à Ottawa et au Centre géoscientifique du Pacifique et en les raccordant à l'équipement informatique existant. La technique semi-infinie est facile à mettre en place, elle utilise essentiellement le même logiciel que la sonde-aiguille à source linéaire (déjà installée, du moins à Ottawa) et elle ne requiert qu'une préparation rudimentaire des échantillons. Ainsi, le chercheur scientifique pourrait relâcher la pression exercée sur son flux de données de conductivité en passant deux ou trois jours au laboratoire.

Étude géothermique du Yukon et de la vallée du Mackenzie. Il se fait là beaucoup de travail très bon et très utile, mais ce sous-projet gagnerait à ce qu'on mette davantage l'accent sur la caractérisation du champ de flux thermique dans la région et sur la publication des données à cet égard.

Études géothermiques aux fins du Programme de gestion des déchets de combustibles nucléaires. Encore une fois, il conviendrait de viser plus à obtenir des données sur le flux thermique et moins à se livrer à des études ésotériques des propriétés des roches. Il existe assez de données (notamment sur les roches cristallines) pour caractériser la conductivité et la diffusivité thermiques suffisamment pour les calculs généraux d'ingénierie. Nous relevons qu'une étude de trois trous de sonde a été faite près de Pinawa et nous nous demandons pourquoi les températures n'ont pas été prises dans plus de trois alors que — du moins on le présume — il est possible d'avoir accès à beaucoup plus.

Études de la situation géothermique de la croûte terrestre dans le centre et dans l'est du Canada. On ne trouve, dans les faits saillants du programme, nulle mention d'une « exploitation » systématique des trous forés par l'industrie dans la région. L'acquisition continue de nouvelles données devrait rester hautement prioritaire dans tout programme d'études géothermiques. Le programme Lithoprobe comportera l'étude d'une section verticale exposée de 25 kilomètres de la croûte précambrienne. L'étude viserait notamment à connaître la répartition des éléments radioactifs le long de cette section.

Études géothermiques détaillées dans des régions particulières de la Cordillère. Cette activité semble progresser de façon satisfaisante compte tenu des ressources limitées qui lui sont affectées. Tectoniquement parlant, c'est là que « ça bouge » au Canada et il conviendrait d'envisager d'augmenter le soutien aux études de la Cordillère, fût-ce au détriment d'études poursuivies dans l'est ou dans le centre du Canada. Nous remarquons que le fait saillant n° 4 (document sur la structure géothermique le long d'un secteur qui englobe l'inlet Jervis) dépend des mesures de la conductivité thermique que l'on peut obtenir du laboratoire d'Ottawa. La mise en place d'un appareil à source linéaire semi-infinie de type Vacquier contribuerait peut-être à desserrer les goulots d'étranglement de ce genre.

Évaluation du potentiel canadien en énergie géothermique.

Cordillère. La direction globale de cette étude devrait appartenir au Centre géoscientifique du Pacifique où elle constituerait un ajout aux études régionales du flux de chaleur, avec apport énorme de la CGC. La division des efforts en fonction de terrains non volcaniques et de terrains volcaniques est artificielle et arbitraire et elle pourrait gêner les efforts de synthèse régionale des ressources possibles de la Cordillère.

Bassins sédimentaires et technologie et application. Les activités de la DPG semblent quitter son domaine de compétence pour aborder celui des applications techniques qu'il vaudrait probablement mieux laisser aux spécialistes concernés des autres disciplines.

Région de l'Atlantique. Dans la mesure où ce travail enrichit la base de données régionale sur le flux thermique, il s'agit d'une activité très valable. Les perspectives d'exploitation économique de l'énergie géothermique dans cette région pour l'avenir proche sont toutefois plutôt sombres.

Recherche sur le pergélisol. La cartographie du pergélisol, la recherche sur le comportement de l'humidité et les études relatives aux hydrates gazeux ont toutes une grande importance pour la mise en valeur ordonnée des ressources du Nord. Les chercheurs semblent être en

contact avec leurs homologues dans d'autres pays et échanger de l'information avec eux, ce qui est très louable. Le comité Beck recommandait que, au fur et à mesure que ces études atteindront le niveau des applications techniques, leur direction soit transférée aux secteurs concernés des communautés de la physique des sols/de l'exploitation des combustibles/du génie. Nous faisons nôtre cette recommandation.

d) Géomagnétisme

Il est naturel que l'étude du champ magnétique de la terre ait figuré au premier rang de l'activité géoscientifique canadienne depuis plus d'un siècle. Comme nous l'avons mentionné plus haut, l'exploitation d'un observatoire magnétique a constitué la première activité scientifique organisée du pays. Le territoire canadien abrite le pôle nord magnétique et couvre le plus long segment terrestre de la zone aurorale. L'emploi du compas a été indispensable à la navigation jusqu'à une époque relativement récente, les perturbations aurorales continuent d'influer sur les réseaux de communication et le Canada est en tête des pays du monde pour l'application de méthodes magnétiques et électromagnétiques pour la recherche de minéraux. Tous ces facteurs militent en faveur d'une forte capacité nationale dans le domaine.

Pendant des années, la Division du géomagnétisme de l'Observatoire fédéral/Direction de la physique du globe a été perçue dans le monde entier comme un chef de file en ce domaine. Ses réalisations sont nombreuses : la localisation précise du pôle nord nagnétique; des améliorations importantes apportées aux capteurs magnétiques à vanne de flux et leur perfectionnement jusqu'à en faire des instruments de terrain pratiques pour les levés des composantes absolues; la mise au point du premier système de vecteur utilisable en navigation aérienne et son utilisation sur de longues distances, non seulement au Canada, mais aussi par-delà les océans; des contributions à la formulation mathématique du champ géomagnétique international de référence et de sa variation séculaire; et la mise au point de l'observatoire magnétique automatique (AMOS). La liste pourrait encore s'allonger.

Les succès passés ont naturellement fait que certains problèmes jadis hautement prioritaires ont cessé de l'être. Par exemple, le champ de vecteur du Canada peut maintenant être localisé à temps avec le nombre relativement limité de stations de contrôle, mais il n'est pas urgent de poursuivre le perfectionnement des instruments de l'observatoire magnétique standard. Mais le développement naturel du sujet et ses applications présentent une nouvelle génération de défis.

L'effet réciproque complexe des champs magnétiques terrestres de différentes origines et de différentes échelles temporelles est bien illustré dans le tableau suivant tiré d'un texte récent (W.D. Parkinson, Introduction to Geomagnetism). Ce qui ne paraît pas dans le tableau, ce sont les interrelations qui forcent une approche unifiée du sujet. Les champs perturbateurs (3, 4, 5, même 6), par exemple, constituent un bruit dans la mesure du champ local 2 aux fins de l'exploration géophysique, oú ils doivent être corrigés, tandis qu'ils constituent la source principale du champ induit 7, qui est aussi mesuré dans une autre méthode d'exploration géophysique. La mesure du champ local 2 « gelé » dans les échantillons de roche procure de l'information sur l'histoire passée du champ moyen 1.

Les tendances récentes en ce domaine soulignent l'interdépendance accrue de ces effets et indiquent même des conséquences possibles dans des domaines autres que les sciences de la Terre, par exemple en biologie (Parkinson consacre cinq pages de son livre aux rapports entre géomagnétisme et biologie) et en variation climatique. Sur le plan pratique, l'amélioration des systèmes de communication n'a pas supprimé les effets des perturbations géomagnétiques, comme le révèlent les travaux des laboratoires Bell sur la question. En outre, la construction de pipelines à travers la zone aurorale soulève la question de l'incidence des courantes induits sur la progression de la corrosion. Par ailleurs, de nouvelles technologies, comme celle des magnétomètres vectoriels montés sur satellite (type d'appareil qu'emporte MAGSAT), procurent une intégralité de mesures que l'on n'avait jamais pu atteindre auparavant, tandis que l'augmentation de la sensibilité des capteurs magnétiques donne la possibilité de réaliser des mesures terrestres d'effets qui ne faisaient auparavant pas l'objet d'observation. Avec toutes ces réalisations, la communication de données d'observatoire magnétique fondamentale à l'industrie de l'exploration reste d'une importance capitale et constitue un excellent exemple de service très nécessaire. Pour l'avenir, on peut entrevoir la possibilité d'un système spécial de surveillance des variations temporelles du champ. Si ces mesures pouvaient être abaissées au-delà de la région des courants électriques ionosphériques, elles en viendraient à supprimer la nécessité des observatoires magnétiques. Pour être responsable, tout groupe national s'occupant de géomagnétisme doit conserver et développer les compétences permettant à tout le moins de rester à la hauteur de ces développements survenant au niveau international, et de préférence d'y contribuer.

Dans le cadre de la réorganisation de la DPG, la Division du géomagnétisme a été intégrée à la nouvelle Division de la séismologie et du géomagnétisme. Nous percevons certaines des conséquences du changement comme avantageuses du fait de l'établissement de groupes interdisciplinaires. Qu'on prenne pour exemples le groupe des études de la croûte, à travers lequel les interprétations des sondages électromagnétiques peuvent être étroitement coordonnées avec les résultats des travaux de sismique-réfraction et de sismique-réflexion, et le domaine des instruments. Dans les deux cas, les scientifiques précédemment rattachés aux deux divisions ont été réunis. Toutefois, tout bien pesé, nous avons la conviction que la perte d'un centre où le géomagnétisme serait privilégié, et la perte de visibilité que nous avons constatée ont été nuisibles. Nos visites nous ont permis de recueillir la preuve qu'il se faisait un travail de très haute qualité dans les domaines et aux endroits suivants : sur le magnétisme des

Composantes du champ géomagnétique

CONSTITUANTS DU CHAMP	LOCALISATION DE LA SOURCE	INTENSITÉ (maximum)	MORPHOLOGIE	VARIATION DU TEMPS	LES MESURES	APPLICABILITÉ
1. Champ principal	sondage extérieur	50,000 nT (70 000 nT)	principalement dipôle	variation séculaire de l'ordre de 100 ans; invertions de l'ordre de 10^6 ans	levés régionaux (par avions, bâteaux, satellites ou d'observatoires terrestres)	contrôler tous les autres champs directement ou indirectement; utilisé en navigation
2. Champ local	croûte au-dessus du géotherme (point de Curie)	moyenne de 100 nT (équivalent a 10^5 nT)	très irrégulier, la longueur des ondulations est d'environ 1m	rien	levés locaux (en surface ou aéroporté)	utilisé pour l'exploration géophysique et des fonds océaniques en regard des taux d'expansion
3. Champ orageux régulier	magnétosphère	150 nT (500 nT)	approximativement uniforme à l'extérieur du champ	4 à 10 h; le redressement prend de 2 à 3 jours	observatoire magnétographes	moniteurs d'activité solaire
4. Champ orageux irrégulier et suborageux	ionosphère et magnétosphère	100 nT (200 nT dans les zones australes)	global, mais plus intense près des zones australes	périodes de 5 à 100 minutes	observatoire et magnétographes à induction	idem
5. Variation diurne	ionosphère	50 nT (200 nT à l'équateur)	globale; principalement harmonique P_2^1 P_3^3	périodicité; périodes de 24, 12 et 8 heures	observatoire magnétographes	indique les ventes de marée ionosphérique
6. Pulsations	magnétosphère	faible nT (100 nT par Pg)	quasi-globales; plus internes près des zones australes	quasi-périodicité 1 à 300 secondes	levés rapides et magnétographes à induction	indiquent les résonances de la magnétosphère
7. Champs induits	croûte manteau supérieur et océans	à peu près la moitié des quatre champs précédents	généralement globale (induction) mais irrégulière par endroits	tout comme les quatre champs précédents	observatoire et magnétographes temporaires	indiquent la distribution de la conductivité dans la croûte et le manteau

roches et les instruments à Blackburn; sur les études d'induction, la production de cartes et l'interprétation à Ottawa; et sur le paléomagnétisme et les études d'induction, y compris les mesures de la variation magnétique au fond des mers, au Centre géoscientifique du Pacifique. Mais nous n'avons guère vu de signes d'interaction entre ces projets. Nous éprouvons quelque inquiétude du fait que la DPG n'est pas l'organisme de tête dans le projet MARIA (Magnetometer & Riometer Array : réseau de magnétomètres et de riomètres) conçu pour offrir une couverture serrée des mesures terrestres pour fins de coordination avec les mesures prises depuis l'espace. Il est encourageant de constater que la capacité de prévision des perturbations magnétiques en fonction de l'activité solaire a été augmentée, développement que l'industrie géophysique minière accueillera avec plaisir. Il s'agit là d'un excellent exemple de recherche fondamentale aux retombées pratiques certaines qu'il convient d'incorporer au travail sur le géomagnétisme.

Lorsque nous recommandons le rétablissement d'une Division du géomagnétisme au sein de la DPG, nous adoptons une position conforme à notre conception de la question — plus vaste — de la géoscience au sein du secteur : le cadre disciplinaire offre les plus grandes chances de rester à l'avant-garde d'un domaine donné, tandis

que les liens inter-disciplinaires indispensables doivent être noués au moyen de groupes de travail moins officiels. Aussi ne voyons-nous aucune contradiction entre le fait de refaire l'unité du géomagnétisme et celui de favoriser la poursuite d'initiatives conjointes dans les domaines des études de la croûte, des instruments et d'autres domaines, avec les autres divisions. En outre, dans les années à venir, quand des postes seront disponibles, l'existence d'une Division contribuera à attirer le type de scientifique de haut calibre et à la vision large qui sera à même d'assurer le leadership en géomagnétisme au fur et à mesure que ce dernier se développera dans les prochaines décennies.

e) Instruments géophysiques

Introduction

On peut dire de la géophysique que c'est la science de la mesure exacte. Les mesures géomagnétiques peuvent résoudre des variations inférieures à 10^{-8} du champ moyen. Les meilleures mesures gravimétriques peuvent faire des distinctions d'altitude de l'ordre de un millimètre. Les meilleurs sismographes peuvent détecter des mouvements du sol d'un ordre de grandeur comparable au rayon d'un atome. Il s'ensuit que, pour être concurrentiel, le laboratoire de recherche géophysique doit être en mesure d'avoir accès à la technologie la plus avancée.

La Direction de la physique du globe doit en partie au fait qu'elle emploie des spécialistes en instruments de calibre exceptionnel la réputation internationale qu'elle s'est taillée dans le domaine de la recherche géophysique et du leadership scientifique. Il ne nous appartient pas ici de raconter toute l'histoire, mais qu'on se rappelle les Patrick Wilmore et les Paul Serson, dont l'apport à la physique a été reconnu à l'échelle internationale. Comme nous le verrons plus loin, il existe encore des domaines où la Direction de la physique du globe n'a rien à envier à quiconque. Certains appareils mis au point par la Direction de la physique du globe ont effectivement été transférés à l'industrie, qui a été chargée de leur perfectionnement et de leur commercialisation : le pont Willmore (Maxwell) pour l'étalonnage des sismomètres, des horloges de précision pour le chronométrage des expériences sur le terrain et l'observatoire magnétique automatique AMOS.

Le reste de notre analyse repose sur l'hypothèse de départ que le devenir de la Direction de la physique du globe dépend en partie de sa capacité d'attirer et de soutenir des scientifiques qui peuvent aider le Canada à se doter d'un avantage technologique et à le conserver.

Situation actuelle

Malgré l'avis parfois exprimé suivant lequel les instruments échappent au mandat de la Direction ou encore que les instruments mis au point n'ont pas droit à la même appréciation que la collecte et l'interprétation de données géophysiques, la Direction conserve une impressionnante capacité à cet égard.

Deux modèles d'enregistreur sismique portatif (« sac à dos ») ont été produits en nombre appréciable. Il s'agit d'une station d'enregistrement sismique active qui enregistre les données sur cassette numérique. Depuis peu, un appareil entièrement transistorisé est en cours de mise au point; il est censé constituer un prototype de LITHOPROBE. Cet appareil enregistre localement des données qu'il emmagasine dans une mémoire à accès sélectif et qu'il conserve jusqu'à ce qu'elles soient transférées sur ruban magnétique. Les appareils portatifs (surnommés les « boîtes à lunch ») sont extrêmement compacts et ils ne renferment aucune pièce mobile.

Il faut mentionner une réalisation d'une importance particulière : la mise au point du réseau sismographique numérique et notamment, à ce sujet, la mise au point de techniques pratiques de télémétrie numérique. La sismométrie numérique étant à l'ordre du jour, il est étonnant que seule une petite partie des réseaux sismographiques existants fassent appel de façon coutumière aux techniques numériques pour la transmission des données. Les réseaux numériques établis, tant dans l'est que dans l'ouest du Canada, et même s'ils ne sont pas encore aussi efficaces que les réseaux analogiques, indiquent la voie de l'avenir. L'évolution en cause est naturellement d'une importance particulière pour le Canada, car sa vaste étendue et l'éparpillement de sa population font des communications une préoccupation nationale fondamentale.

Le Centre géoscientifique du Pacifique achète des sismomètres pour fonds océaniques de Clive Lister (Seattle), mais le Centre géoscientifique de l'Atlantique peut revendiquer ses propres apports en ce domaine, à commencer par les modèles mis au point par l'Université d'Hawaï. Il s'agit naturellement, dans le dernier cas, d'une contribution de la Commission géologique du Canada.

Après une période de vaches maigres, le service des instruments géomagnétiques connaît un regain de vie à la Direction de la physique du globe. Il fut un temps où la Direction était dans le peloton de tête de la théorie et de la mise au point de magnétomètres électroniques à sursaturation. Au début des années 1980, alors qu'existait la nécessité d'employer la technologie la plus avancée pour l'expérience CANOPUS-MARIA, une bonne part de sa supériorité s'était évanouie et les scientifiques qui la faisaient étaient sur le point de prendre leur retraite. La technologie de la NASA fut « importée » par l'intermédiaire d'un laboratoire universitaire à partir duquel elle rebondit vers les laboratoires du gouvernement fédéral. Un facteur essentiel est constitué par la décision voulant que l'établissement des spécifications relatives aux instruments et l'acquisition de ces derniers se fasse par l'intermédiaire du Conseil national de recherches. Depuis lors, la Direction de la physique du globe, à Blackburn Hamlet, a consacré d'importantes ressources à la mise au point et a contribué de façon notable à la mise au point de magnétomètres à bobine toroïdale.

On pourrait faire état d'autres contributions au domaine du géomagnétisme. L'observatoire magnétique automatique a conféré beacoup de fiabilité et de facilité

d'exploitation au réseau géomagnétique. Des travaux ont été effectués au Centre géoscientifique du Pacifique : des expériences en électromagnétique avec source contrôlée et la mise au point de gradiomètres magnétiques, les deux expériences ayant été faites en collaboration avec des chercheurs universitaires. Nous applaudissons à ce genre de collaboration. Le Centre géoscientifique du Pacifique a joué un rôle de premier plan dans la mise au point de magnétomètres enregistreurs pour fonds océaniques. Dans le domaine de la gravité, la réalisation la plus prometteuse en ce moment est le gravimètre absolu. Elle découle naturellement de l'intérêt déjà relativement ancien de la Direction de la physique du globe (Observatoire fédéral) pour les mesures de la gravité à l'aide d'un pendule et pour le gravimètre à corde. Les développements fondamentaux au sujet du nouveau gravimètre absolu ont été le fait du Joint Institute of Laboratory Astrophysics de Boulder, au Colorado. Les scientifiques de la Direction de la physique du globe sont en train de rendre l'appareil de l'institut plus convivial et plus facilement compatible avec le travail sur le terrain. Nous croyons comprendre qu'il est probable que le gravimètre absolu aura une carrière commerciale.

Conclusions

L'une des raisons qui justifient l'existence d'un laboratoire géophysique distinct d'un laboratoire géologique correspondant est qu'il permettrait davantage d'attirer des physiciens intéressés. En effet, la qualité exceptionnelle des premiers travaux de géophysique canadiens est souvent attribuée à l'apport des Eve, Keyes, Gilchrist et autres physiciens. Nous avons rencontré à la Direction de la physique du globe de très bons géophysiciens (et aussi quelques très bons géologues); mais, dans bien des cas, nous doutons qu'on leur donne la chance d'accomplir tout ce qu'ils pourraient accomplir.

Le cas des instruments constitue un exemple éloquent. Il se fait de très bonnes études sur les instruments, mais elles ne sont pas mentionnées dans le livret du programme. Essayez par exemple de trouver quelque chose sur la mise au point du gravimètre absolu. On serait tenté de tirer certaines conclusions de ces observations. Le fait que l'existence de travaux de premier ordre sur les instruments saute aux yeux du visiteur qui se présente aux laboratoires est significatif de la validité que les gestionnaires reconnaissent à ces études. Pourquoi alors faire preuve de tant de discrétion, voire de dissimulation? Parce que, peut-on présumer, ces activités ne parviennent pas aussi bien que d'autres à intéresser ceux qui tiennent les cordons de la bourse. Nous ne recommandons certes pas de réinventer ce qui peut être acheté tout prêt, mais il y a place à une recherche novatrice et de haute qualité dans le domaine des instruments.

Il semble exister un rapport entre ces considérations et les recommandations du Groupe de travail sur les politiques et programmes fédéraux en matière de développement technologique (Douglas Wright et autres, Conseil des sciences du Canada). Cette recherche confère certainement au Ministère une capacité accrue de tester et de surveiller les programmes qui font résolument partie de son mandat. Ces programmes ont trait à l'établissement de codes, de normes et de règlements et ils sont indispensables au maintien de bases de données nationales et internationales. Les divers éléments constituants des réseaux de mesures sismiques et magnétiques peuvent être considérés comme des installations nationales d'une importance comparable à celle des gros accélérateurs. Par ailleurs, les instruments mis au point par la Direction de la physique du globe ont certainement le caractère requis pour constituer la réponse à l'appel de la communauté des utilisateurs.

Il est nécessaire d'essayer de garder le sens des proportions dans ces jugements. L'objet fondamental de la géophysique est l'étude de la Terre et de son environnement. Les auteurs du présent rapport ont été heureux de constater que les études sur les instruments ont précisément pour objet de satisfaire à d'authentiques besoins de nature scientifique. L'acquisition de données est au coeur du sujet et il faut absolument que quelqu'un se préoccupe du maintien de la capacité du Canada à cet égard. Nous ne croyons pas que l'affaire puisse être abandonnée entièrement aux universités ou à l'industrie, bien que les deux secteurs y auront leur rôle à jouer. La Direction de la physique du globe a à son actif de remarquables réalisations en matière d'études sur les instruments et il doit continuer d'en être ainsi.

L'un des aspects des attributions de la Direction consiste à assurer la bonne marche d'installations d'étalonnage, de normalisation et d'essai de haut niveau. Les laboratoires d'Etat de la plupart des pays remplissent des fonctions de « laboratoires de normalisation ». Il est improbable que ces installations soient aménagées ailleurs au Canada. Le laboratoire Blackburn renferme les meilleures installations d'essai géomagnétique du Canada mais elles arrivent tout juste à répondre aux besoins immédiats. Nous remarquons que Blackburn Hamlet n'est pas à l'abri de toute activité sismique et qu'il ne convient par conséquent pas à certains aspects de la mise au point d'instruments de mesure sismique.

Nous estimons que la concentration des services des instruments géomagnétiques et sismiques à Blackburn présente quelques très bons avantages. Elle met certainement ces activités en évidence et elle favorise une certaine dose de coopération et d'échange de technologie qui ne peut qu'être bénéfique. La Direction doit se demander s'il ne serait pas également bénéfique de joindre à ce groupe celui des instruments gravimétriques. Elle devra notamment prendre en compte le fait que Blackburn Hamlet est passablement loin des laboratoires de l'avenue Carling et, comme toute séparation, celle d'un groupe de géophysiciens de leurs homologues a son coût également.

VII CONCLUSION

Pour bien évaluer le travail de la Direction de la physique du globe, il est nécessaire d'examiner d'abord de rôle

des établissements scientifiques du gouvernement, puis l'organisation de l'éventail de disciplines connexes réunies sous le vocable de sciences de la terre et enfin la structure au sein de la Direction même. Le besoin d'évaluer le premier terme, le rôle de la science au gouvernement, a gagné en intensité avec la publication, durant l'étude du Comité, du rapport du Groupe de travail sur les politiques et programmes fédéraux en matière de développement technologique (le rapport Wright, juillet 1984). Ce rapport conteste certaines activités du gouvernement fédéral en sciences en laissant entendre qu'elles devraient revenir à d'autres secteurs de la société. Nous avons la conviction que, dans le domaine des sciences de la Terre, l'activité du gouvernement fédéral est absolument indispensable; c'est le prix du maintien de la continuité et de la préservation de la base de données nationale. L'un des comités spéciaux qui ont ausculté la DPG l'a bien exprimé : « . . . il est des tâches qu'il y a avantage à laisser au secteur privé, d'autres aux universités et d'autres encore aux organismes gouvernementaux . . . nous croyons fortement que c'est aux organismes gouvernementaux que doit revenir la garde des éléments du patrimoine national, comme la base de données (géophysiques) ». Le rapport Wright admet lui-même que certaines activités scientifiques reviennent à bon droit aux laboratoires du gouvernement fédéral, comme la surveillance de la pollution de l'air et de l'eau, des concentrations des pesticides et des taux de radiation. C'aurait été peu de chose d'ajouter « l'élaboration et la gestion de la base de données géoscientifiques nationale, dans ses applications aux ressources et aux risques naturels. »

Le rapport Wright traite abondamment de technologie et de transfert de technologie au secteur privé. Nous sommes d'accord pour encourager ce transfert et nous indiquons ailleurs comment il pourrait être encouragé dans le cas de la DPG. Pour en finir avec la question du rapport Wright, nous relevons que ce dernier préconise fortement un examen par des pairs des activités scientifiques fédérales, afin de faire en sorte qu'elles conservent leur pertinence. L'évaluation du travail de la DPG, d'abord par les comités spéciaux et maintenant par le présent Comité constitue précisément un examen par des pairs.

Étant entendu que les sciences de la Terre de base : géologie, géochimie et géophysique, constituent des activités légitimes du gouvernement, il faut ensuite déterminer la division optimale des attributions entre les unités administratives. Les interrelations entre les disciplines et entre les études fondamentales et les besoins immédiats sont si ramifiées qu'ils est probablement impossible d'en arriver à une solution idéale. D'autres pays dotés de programmes extrêmement développés de sciences de la Terre, le Royaume-Uni, les États-Unis et l'Australie, ont, ces dernières années, réorganisé les structures administratives des différentes domaines. Il n'est aucunement certain que tous les changements ont contribué à satisfaire à tous les besoins. Pourvu que tous les rapports que nous avons analysés (notamment ceux avec la CGC et avec la Division des levés géodésiques) soient pleinement développés au niveau de travail, la caractéristique proprement canadienne d'une Direction consacrée à la géophysique de l'écorce terrestre représente probablement l'arrangement le plus efficace tant pour le développement fondamental de la science que pour son application. Nous croyons, en effet, qu'il aurait mieux valu, à la longue, — en tout cas cela aurait été, scientifiquement parlant, plus souhaitable — de laisser tous les programmes du Ministère qui relèvent de la géophysique et de la géodésie au sein de ce qui est maintenant la DPG.

À l'intérieur de la DPG elle-même, il y a deux divisions à Ottawa délimitées en fonction de disciplines (mais chacune touchant maintenant au moins deux branches de la géophysique) et une troisième, au Centre géoscientifique du Pacifique, qui englobe toutes les disciplines des deux autres dans leur application à la marge de l'ouest et au fond océanique adjacent. Bien que nous nous prononcions en faveur du rétablissement de la Division du géomagnétisme à Ottawa, nous croyons que le mariage de divisions délimitées en fonction de disciplines et de la division du Centre géoscientifique du Pacifique est bon. Le Centre géoscientifique du Pacifique constitue, avons-nous constaté, un excellent exemple de coopération de la géologie et de la géophysique à la poursuite d'un objectif commun. Le Comité a été très impressionné par le moral qui y règne et par l'enthousiasme pour les activités scientifiques qu'il y a observé. Dans la plupart des cas, le partage des programmes avec les divisions localisées à Ottawa semblait être entièrement satisfaisant, mais nous avons tout de même recommandé un changement dans le cas des mesures du flux de chaleur, dont le Centre géoscientifique du Pacifique devrait assumer davantage la responsabilité.

Venons-en maintenant à la qualité et à la pertinence du travail et du produit de la DPG. Dans toute organisation scientifique, qu'elle soit gouvernementale, universitaire ou industrielle, il y a forcément des différences d'aptitude et de productivité entre les membres du personnel. La Direction ne fait pas exception à cet égard. Nous trouvons néanmoins que la qualité y est en général très élevée. Nous croyons qu'on pourrait faire davantage pour libérer le personnel cadre des tâches routinières. En accroissant leur productivité, ils contribueraient à améliorer le rapport coût/efficacité de l'organisation. De plus, la géophysique est un domaine qui progresse rapidement et l'organisation doit être sans cesse aux aguets pour éviter de se laisser distancer. Nous suggérons un certain nombre de domaines sur lesquels il faudrait mettre l'accent dans l'embauche de nouveau personnel, mais comme le nombre de postes sera probablement toujours limité, nous préconisons de mettre davantage l'accent sur les programmes relatifs aux boursiers d'études post-doctorales et aux échanges de personnel avec les universités.

La pertinence du programme de la Direction trouve sa meilleure preuve dans la constance avec laquelle on y fait appel pour les missions de priorité nationale : pergélisol, énergie, élimination des déchets radioactifs et Programme géoscientifique des régions pionnières et pour

certains engagements du Canada, comme la contribution de ce dernier à la constitution d'une base scientifique pour un traité d'interdiction des essais. De nouveaux domaines de priorité à tout le moins régionale continuent de se faire jour. Depuis que le comité a commencé ses travaux, par exemple, la récurrence de graves coups de toit, dans les mines de la région de Sudbury, cette fois, a entraîné l'intervention, une fois encore, des sismologues de la DPG qui se sont ainsi attaqués à un type de problème qui avait occupé leurs prédécesseurs dans les années 1940. Il est naturellement tout à fait convenable qu'un organisme gouvernemental consacre ses compétences aux questions d'intérêt national immédiat et les rapports développés peuvent être bénéfiques pour l'organisme. Cela dit, nous avons quelque préoccupation quant à ce qu'il faut de ressources pour ce genre de mission par rapport à la mission permanente de recherche fondamentale et de gestion des données de la Direction, et quant à leur incidence sur les scientifiques considérés individuellement. Comme une bonne part du travail se fait à contrat, il y a beaucoup de surveillance à assurer. Les gestionnaires de la Direction doivent veiller à ce que les tâches que cela suppose ne compromettent pas la carrière scientifique de ceux qui les exécutent. Nous estimons impératif que, si de nouvelles tâches susceptibles de prendre beaucoup de temps du personnel sont confiées à la DPG, les années-personnes nécessaires lui soient accordées en conséquence. Autrement, le programme de base pourrait se trouver affaibli au point que des dommages irréparables, comme une rupture dans les séquences de données d'observation essentielles, pourraient en résulter.

La question de la surutilisation des ressources est indissociable de celle de l'opportunité ou de la nécessité d'accorder moins d'attention à certains aspects du programme. Naturellement, en ce qui concerne les missions comme l'étude du pergélisol, l'énergie et l'élimination des déchets nucléaires, le changement des priorités nationales, qui se décide au Cabinet, peut régler le problème automatiquement. Ainsi, ces dernières semaines, on a observé une baisse de l'importance accordée à certains domaines de la recherche sur l'énergie. Considérant les priorités actuelles, nous préconisons que, dans le cas de l'énergie géothermique, la participation de la DPG cesse quand l'énergie « a quitté le sol », les études de faisabilité sur son utilisation revenant alors à d'autres organismes. En ce qui concerne les propres programmes en cours de la Direction, nous ne sommes pas favorables à l'expansion des travaux sur la prévision des tremblements de terre, au sens étroit de la recherche de signes avant-coureurs de tremblements de terre au Canada (par opposition aux programmes fondamentaux et extrêmement pertinents de détermination de la sismicité et des contraintes in situ). Nous avons constaté qu'un resserrement de la coopération avec la Division des levés géodésiques permettrait éventuellement de réduire les efforts consacrés à l'évaluation du géoïde. Ces domaines sont ceux dans lesquels il serait possible de réaliser des économies de temps du personnel.

Dans la même veine, nous nous sommes penchés sur les engagements internationaux des gens de la DPG. La liste nous semble complète et nous n'avons relevé aucune indication que les activités internationales des gens de la DPG nuisent à l'accomplissement de leurs tâches d'importance nationale. Comme nous l'avons mentionné plus haut, la coopération internationale est indispensable au progrès mutuel en sciences de la Terre et la liste constitue en soi une affirmation claire de l'estime et du respect qu'ont pour la Direction les scientifiques des autres pays.

En ce qui concerne le degré d'interprétation que les scientifiques de la DPG devraient faire des données fondamentales, le questionnaire a permis de recueillir des réponses variées. Certes, d'aucuns, notamment des répondants de l'industrie pétrolière, ont exprimé l'avis que l'interprétation n'était pas un rôle qui leur revenait. À l'opposé, des répondants de l'industrie géophysique minière ont prétendu que, dans certains cas, l'interprétation devait aller plus loin. En guise d'exemple de cette suggestion, reprenons celle dont nous faisons déjà état dans la section consacrée au géomagnétisme et réclamant que les « régions de fiabilité » de chaque observatoire magnétique soient indiquées d'une façon ou d'une autre, pour permettre la correction des levés. Nous supposons que l'opinion défavorable à l'interprétation concernait la recherche directe de structures ou de gisements présentant un intérêt sur le plan économique plutôt que les recherches plus fondamentales.

Comme nous l'avons vu dans la section consacrée à la sismologie, il restera nécessaire d'évaluer le mode de présentation le plus approprié de l'information sismologique, tant au public qu'aux Centres mondiaux de données, quand le passage du réseau à l'enregistrement numérique sera achevé. Le problème se posera dans le cas d'autres jeux de données et il y aura lieu de l'examiner sérieusement.

Les documents de la Direction offerts pour publication dans les périodiques géophysiques établis ont un taux d'acceptation enviable dans les principaux journaux et semblent bien se répartir parmi ces journaux ces dernières années. Nous suggérons tout de même de s'efforcer de présenter des documents pertinents aux journaux les plus susceptibles de rejoindre l'industrie canadienne de l'exploration minière et pétrolière afin de mieux faire connaître le programme de la DPG. La participation à LITHOPROBE et au Programme géoscientifique des régions pionnières, notamment si, comme nous le recommandons, on renforce l'expertise en sismique-réflexion, devrait fournir de bonnes occasions de le faire. En ce qui concerne la qualité des documents publiés dans les journaux examinés, nous la croyons globalement satisfaisante. Nous avons remarqué une baisse de la participation de certains scientifiques qui, il y a quelques années, étaient bien connus pour leur prolixité. Nous y voyons un signe supplémentaire de la nécessité de libérer certains membres du personnel des tâches routinières et de leur permettre de retrouver leur productivité.

La nécessité d'accroître la visibilité de la Direction de la physique du globe, notamment aux yeux de l'industrie mais aussi à ceux d'autres secteurs du gouvernement, de la communauté universitaire du Canada et des établissements géophysiques de l'extérieur du pays (encore que, ironiquement, sa visibilité soit parfois meilleure à l'extérieur qu'au pays) est très évidente à la lecture des réponses au questionnaire; elle l'est d'autres manières aussi, par exemple par la difficulté d'attirer des boursiers d'études post-doctorales. Nous croyons que ce manque de visibilité est ressenti par le personnel de la DPG lui-même et qu'il fait que le moral n'est pas aussi élevé qu'il devrait l'être. Nous avons suggéré certaines mesures que la Direction pourrait elle-même prendre pour accroître sa visibilité, mais l'une des améliorations les plus importantes pourrait être apportée au nom lui-même. Les mots « physique du globe » ont une connotation défavorable aux yeux de bien des gens et la signification du mot « Direction » n'est pas claire pour les personnes qui ne connaissent pas la structure du Ministère. Nous préconisons de changer le nom de la Direction pour celui d'Observatoire géophysique du Canada (Geophysical Observatory of Canada), parce que l'exploitation d'observatoires géophysiques est effectivement au coeur du programme de l'organisation et il existe suffisamment d'exemples, dans d'autres pays, d'observatoires distingués pour montrer que ce nom n'a d'aucune manière de connotation limitative pour ce qui est des autres activités.

Nous entrevoyons que, avec son nouveau nom qui le reliera directement à son distingué prédécesseur, l'organisme gagnera en visibilité, suscitera chez son effectif une confiance accrue et se taillera une place de chef parmi les grands instituts géophysiques du monde.

ANNEXE 1
Questionnaire et préamble

Conseil Géoscientifique Canadien — Canadian Geoscience Council

Comité consultatif de l'évaluation de programme de la Direction de la physique du globe

Évaluation de programme
Direction de la physique du globe
Énergie, Mines et Ressources Canada

Le Conseil géoscientifique canadien a mis sur pied, à la demande du sous-ministre adjoint, Sciences de la Terre, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, un comité chargé d'évaluer le programme de la Direction de la physique du globe. Une des phases de l'évaluation comporte l'analyse des réponses au questionnaire ci-joint. Il est donc extrêmement important, afin d'obtenir une évaluation valable, de répondre avec soin aux questions et de fournir, le cas échéant, des explications dans les espaces prévus.

Le comité a élaboré le questionnaire de façon à toucher d'une part à toutes les activités de la Direction, selon une formule fondée sur les différentes disciplines en cause et, d'autre part, à tous les "résultats des travaux" de la Direction qui englobent et les publications officielles et les conseils donnés lors de consultations personnelles. Nous nous rendons bien compte que tous les enquêtés n'auront pas eu l'occasion de faire affaire avec la Direction dans tous les domaines.

La préparation de la liste des destinataires n'était pas non plus une tâche facile. Nous envoyons le questionnaire à une sélection de particuliers et d'organismes, au Canada et à l'étranger, qui à notre connaissance utilisent ou ont déjà utilisé les publications ou les services de la Direction. Si vous êtes d'avis que quelqu'un d'autre dans votre organisme serait mieux placé pour y répondre, veuillez lui transmettre le questionnaire. Le comité traitera comme renseignements confidentiels les renseignements identifiant l'enquêté.

Au non du comité, permettez-moi de vous remercier très chaleureusement de nous aider dans cette entreprise.

Le président du comité d'évaluation
de programme de la Direction de la
physique du globe
du Conseil géoscientifique canadien

G.D. Garland
(Laboratoire de géophysique de
l'Université de Toronto)

President
Dr. C.H. Smith
2056 Thistle Crescent
Ottawa, Ontario
K1H 5P5
Tel: (613) 733-3980

Vice-President
Mr. D.W. Organ
Chevron Canada Resources Ltd.
500 - 5th Ave. S.W.
Calgary, Alberta
T2P 0L7
Tel: (403) 234-5482

Past President
Dr. N.R. Morgenstern
Dept. of Civil Engineering
University of Alberta
Edmonton, Alberta
T6G 2C7
Tel: (403) 432-5127

Secretary Treasurer
Mr. W.G. MacLeod
Petro Canada
P.O. Box 2844
Calgary, Alberta
T2P 3E3
Tel: (403) 296-8000

Executive Member
Dr. I. Thomson
P.O. Box 49330
Placer Development Ltd.
Bentall Station
Vancouver, B.C.
V7X 1P1
Tel: (604) 682-7082 Ext. 535

Foreign Secretary
Dr. A.R. Berger
Geological Survey of Canada
601 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E8
Tel: (613) 995-4927, 4928 or 4929

Executive Director
Dr. J.P. Greenhouse
Dept. of Earth Sciences
University of Waterloo
Waterloo, Ontario
N2L 3G1
Tel: (519) 885-1211, Ext. 3553 or 3231 (Messages)
Telex: 069-55259

INSTRUCTIONS (Comment remplir le questionnaire)

Dans la majorité des cas, il vous suffira de cocher la(les) case(s) qui correspond(ent) à votre réponse. Dans quelques cas, on vous demande d'encercler le numéro ou les numéros appropriés ou d'écrire votre réponse.

DESCRIPTION DE L'ENTREPRISE OU DE L'ORGANISME D'APPARTENANCE

Afin de nous aider à mieux comprendre vos besoins, veuillez répondre aux questions suivantes portant sur votre organisme ou sur vous-même.

1. **Genre d'entreprise ou d'organisme**
   - ☐ Activité principale — exploration pétrolière et gazière
   - ☐ Entrepreneur ou expert-conseil — exploration pétrolière et gazière
   - ☐ Activité principale — prospection minérale
   - ☐ Entrepreneur ou expert-conseil — prospection minérale
   - ☐ Instruments géophysiques
   - ☐ Université
   - ☐ Services publics (p. ex. pipe-lines, énergie, etc.)
   - ☐ Administration fédérale
   - ☐ Administration provinciale
   - ☐ Agence internationale (p. ex. Centre mondial de données, Bureau internationale de l'heure)
   - ☐ Autres (*veuillez préciser*) _____

2. **Veuillez indiquer le nombre de géophysiciens, de géologues et d'autres géoscientifiques qui font partie de l'effectif de votre organisme. (*Prière d'exclure tous les étudiants*)**

   Géophysiciens _____

   Géologues _____

   Autres géoscientifiques _____

3. **Répondez-vous au questionnaire en votre nom propre ou au nom de votre organisme?**

   ☐ pour moi-même ☐ au nom de mon organisme

UTILISATION DES RÉSULTATS DES TRAVAUX DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE

4. **Instructions pour la question n° 4 — Les questions de la grille qui suit ont trait à l'utilisation des résultats des travaux de la Direction de la physique du globe par vous-même ou par les membres de votre organisme. Les « résultats » sont groupés par discipline et comprennent:**

   — les articles publiés

   — les publications internes (p. ex. dossiers publics, séries géomagnétiques, séries séismologiques, etc.)

   — les cartes

   — les données brutes ou traitées, ou les renseignements fournis sur demande

   — les colloques, les communications présentées lors de symposiums

   — les consultations, les communications orales et écrites.

Pour chaque catégorie de disciplines, veuillez encercler le numéro qui correspond à votre appréciation des points suivants:

Fréquence d'utilisation — Indiquer avec quelle fréquence vous (ou les membres de votre organisme) utilisez chacune des catégories. Si vous répondez « jamais », veuillez passer à la catégorie suivante.

Usage principal — Veuillez indiquer à quel but vous utiliser, principalement, les travaux de la catégorie.

Importance — Veuillez indiquer le degré d'importance que revêt pour vous ou pour votre organisme l'utilisation que vous faites des travaux de la catégorie.

Actualité — Veuillez coter le degré de satisfaction que vous éprouvez relativement à l'actualité de chaque catégorie de travaux.

Fiabilité — Veuillez coter le degré de satisfaction que vous éprouvez relativement à la fiabilité de chaque catégorie de travaux.

Si vous utiliser les résultats d'une catégorie de travaux de la Direction de la physique du globe qui ne figurent pas dans la grille, veuillez décrire les travaux en question dans l'espace « autres » prévu à cette fin. Veuillez indiquer aussi la fréquence d'utilisation, l'usage principal, l'importance, l'actualité et la fiabilité.

4. UTILISATION DES TRAVAUX DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE

TRAVAUX DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE Données, renseignements et résultats de recherches sur:	FRÉQUENCE D'UTILISATION				USAGE PRINCIPAL			IMPORTANCE					ACTUALITÉ					FIABILITÉ				
	Au moins une fois par mois	Au moins une fois par année	Moins d'une fois par année	Jamais	Source de données	Sciences pures, technologie, et idées	Matériel didactique	Extrêmement important	Important	Assez important	Peu important	Ne sais pas/ sans opinion	Très satisfait	Satisfait	Insatisfait	Très insatisfait	Ne sais pas/ sans opinion	Très satisfait	Satisfait	Insatisfait	Très insatisfait	Ne sais pas/ sans opinion
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Séismicité et risques de séismes (tremblements de terre)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Autres aspects de la séismologie	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Energie géothermique	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Pergélisol et hydrates de gaz	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Champs magnétiques de la Terre et prévisions des orages magnétiques	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Gravité (y compris cartes gravimétriques)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Géodynamique	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Géophysique marine	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Structure terrestre (études sismiques, gravimétriques, géomagnétiques et des vagues de chaleur)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Normes géophysiques, calibrage (emploi des installations)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Autres (*veuillez préciser*)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Autres (*veuillez préciser*)	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

5. Utilisez-vous le Supplément à l'index trimestriel des publications courantes de la Direction de la physique du globe? (*Voir l'exemple ci-joint*)

☐ oui ☐ non

6. Utilisez-vous des données qui sont fournies par les centres mondiaux de données et qui proviennent de la Direction de la physique du Globe?

☐ oui ☐ non ☐ Je ne sais pas

Si vos réponses aux questions 4, 5 et 6 indiquent que vous n'utilisez pas les travaux de la Direction de la physique du globe ou que votre organisme ne les utilise pas, veuillez passer à la question 7.

Si vos réponses aux questions 4, 5 et 6 indiquent que vous ou les membres de votre organisme utilisez les travaux de la Direction de la physique du globe, veuillez passer à la question 8.

UTILISATION DES TRAVAUX DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE (suite)

7. **Pourquoi n'utilisez-vous point les résultats des travaux de la Direction de la physique du globe? (*Veuillez cocher toutes les réponses applicables.*)**

- ☐ Pas au courant de leur existence
- ☐ Sans rapport à mes (nos) travaux
- ☐ Problèmes constatés avec les résultats fournis (p. ex. piètre qualité, couverture insuffisante)
- ☐ Trop difficiles à obtenir
- ☐ Autres raisons (*préciser*) _____

Veuillez donner des précisions _____

Passer à la question 10

8(a). **Si les résultats des travaux de la Direction utilisés par vous ou par votre organisme n'étaient plus disponibles, prendriez-vous des mesures pour les remplacer?**
(Veuillez cocher la réponse qui correspond le plus à votre situation)

- ☐ oui
- ☐ non — il serait difficile de les remplacer
- ☐ non — leur importance pour nos activités ne justifierait pas leur remplacement
- ☐ non — le replacement coûterait trop cher
- ☐ autres (*préciser*) _____

Si votre réponse à la question 8 (a) indique que vous prendriez ou votre organisme prendrait des mesures pour remplacer les résultats des travaux de la Direction de la physique du globe, veuillez passer à la question 8 (b).

Si votre réponse à la question 8 (a) indique que vous ne prendriez pas ou votre organisme ne prendrait pas des mesures pour remplacer les résultats des travaux de la Direction de la physique du globe, veuillez passer à la question 9.

8(b). **Veuillez indiquer les résultats des travaux de la Direction de la physique du globe que vous chercheriez à remplacer.**

_____

8(c). **Veuillez indiquer comment vous chercheriez ou votre organisme chercherait à remplacer ces résultats des travaux de la Direction de la physique du globe, s'ils cessaient d'être disponibles. Veuillez donner une estimation du coût annuel que ce remplacement entraînerait.**

- ☐ Embauche de personnel additionnel _____ $
- ☐ Recours accru aux services d'experts-conseils _____ $
- ☐ Autres solutions (*préciser*) _____ $

4

UTILISATION DES TRAVAUX DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE (suite)

9. Veuillez nous faire part de tout commentaire utile sur les résultats des travaux de la Direction de la physique du globe. Nous cherchons tout particulièrement à en savoir davantage sur les usages que vous faites des résultats des travaux de la Direction, mentionnés dans vos réponses à la question 4.

_____

_____

_____

_____

_____

QUALITÉ DU SERVICE FOURNI PAR LE PERSONNEL DE LA DIRECTION

Les questions qui suivent portent sur la qualité du service qui vous est fourni par le personnel de la Direction de la physique du globe et comprend les entretiens personnels ainsi que les communications téléphoniques et écrites.

10. Quand avez-vous fait affaire le plus récemment avec le personnel de la Direction?

- ☐ Au cours des trois derniers mois
- ☐ il y a entre trois et six mois
- ☐ il y a entre six mois et un an
- ☐ il y a plus d'un an; c.-à-d., depuis _____ années
- ☐ jamais (*passer à la question 15*)

11. Dans quelles circonstances avez-vous fait affaire avec le personnel de la Direction de la physique du globe?

- ☐ demande de renseignements ou d'aide d'ordre technique ou scientifique
- ☐ contrat ou convention de recherche conclu avec la Direction de la physique du globe
- ☐ contrat de travaux sur le terrain pour le compte de la Direction de la physique du globe
- ☐ emploi des installations
- ☐ projet de recherche conjoint avec la Direction de la physique du globe
- ☐ autres circonstances (*préciser*) _____

_____

12. Avec quelle fréquence avez-vous habituellement des contacts avec le personnel de la Direction de la physique du globe?

- ☐ au moins tous les mois
- ☐ au moins tous les ans
- ☐ moins d'une fois par an
- ☐ autre (*préciser*) _____

QUALITÉ DU SERVICE OFFERT PAR LE PERSONNEL DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE (suite)

13. Veuillez coter le degré de satisfaction que vous éprouvez à l'égard des services suivants fournis par le personnel de la Direction de la physique du globe. (*Encercler le chiffre correspondant*)

Service	*Très satisfait* 1	*Satisfait* 2	*Insatisfait* 3	*Très insatisfait* 4	*Sans objet* 5
Délai de réponse	1	2	3	4	5
Utilité du matériel reçu	1	2	3	4	5
Valeur des communications avec le personnel de la Direction de la physique du globe	1	2	3	4	5
Collaboration du personnel de la Direction de la physique du globe	1	2	3	4	5

14. Veuillez nous faire part de vos commentaires, s'il y a lieu, sur les services fournis pas le personnel de la Direction de la physique du globe.

_____

_____

_____

_____

_____

PROGRAMME DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE

Les questions 15 à 17 cherchent à obtenir votre opinion sur le genre des travaux et des activités de la Direction de la physique du globe.

15. Parmi les activités énumérées ci-après, lesquelles devraient, à votre avis, s'inscrire dans le mandat de la Direction de la physique du globe? (*Veuillez cocher la case « oui » ou la case « non »*).

Activité	Oui	Non	Préciser quel organisme de l'État ou du secteur privé devrait en assumer la responsabilité
Exploitation d'observatoires	☐	☐ ►	_____
Conduite des levés sur le terrain	☐	☐ ►	_____
Établissement de normes pour les travaux sur le terrain	☐	☐ ►	_____
Correction et interprétation de données recueillies sur le terrain	☐	☐ ►	_____
Recherches fondamentales (p. ex. dynamique de la croûte terrestre, modélisation de champs géomagnétiques)	☐	☐ ►	_____
Préparation de cartes nationales de données géophysiques	☐	☐ ►	_____
Exploitation d'installations d'étalonnage	☐	☐ ►	_____
Tenue à jour de bases nationales de données (p. ex. données d'observatoires magnétiques, données gravimétriques et données sur le mouvement de la croûte terrestre)	☐	☐ ►	_____
Publication d'avertissements de risques géophysiques	☐	☐ ►	_____
Publications de données et de renseignements dans un ou plusieurs des domaines susmentionnés.	☐	☐ ►	_____

PROGRAMME DE LA DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE (suite)

16. **Y a-t-il d'autres activités que la Direction de la physique du globe devrait entreprendre?**

☐ oui ☐ non

(*Veuillez préciser*)

17. **Avez-vous des suggestions pour l'amélioration des travaux entrepris ou des services fournis par la Direction de la physique du globe?**

8

IDENTIFICATION

18. Afin de nous aider à mieux comprendre vos réponses, veuillez nous donner les renseignements suivants. Ils seront traités comme renseignements confidentiels; le comité s'en servira uniquement pour vous rejoindre au cas où il serait utile de vous demander des questions supplémentaires relativement à vos réponses ou suggestions.

Nom: _____

Titre/Poste: _____

Nom de l'organisme: _____

_____

Lieu/Adresse: _____

_____

_____

_____

Téléphone: _____

Nous vous remercions d'avoir pris le temps de répondre à notre questionnaire.

Prière de retourner le questionnaire dans l'enveloppe de retour fournie, au:

Secrétaire
Comité consultatif de l'évaluation de programme de la Direction de la physique du globe
a/s Direction de l'évaluation des programmes
Ministère de l'Énerige, des Mines et des Ressources
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

ANNEXE 2
Liste des participants à l'enquête

ADAMS, David H.	Cominco Exploration	Calgary
AQUIN Thomas	Lmbds - Sidam Inc.	Montreal
ARAKI, Tohru	Koyoto Univ., Faculty of Sci.	Japan
BAILEY, R.C.	Univ. of Toronto, Dept. of Physics	Toronto
BARCLAY, W.	W.A. Barclay Exploration Services Ltd	Kingston
BARCLAY, William	Trilogy Resource Corp.	Calgary
BARLOW, R.B.	Ont. Geol. Survey, Geophy, Geo chem D.	Toronto
BATE, Simon	MPH Consulting Ltd.	Toronto
BECK, Alan E.	Univ. of Waterloo, Dept. of Geophys.	London
BECKER, A.	Univ. of California	Cal. USA
BEDIZ, P.I.	Bediz Expl. Cons. Ltd.	Calgary
BELL, T.	Drummond Petroleum Ltd.	Calgary
BERG, Brian A.	Energenics Exploration Ltd.	Calgary
BERGER, Milford L.	Texaco Canada Resources Ltd.	Calgary
BERUBE, Pierre	Sa gax Geophysique Inc.	Montreal
BLACKWELL, David	Sou. Methodist Univ., Dept. Geol. Sci.	Texas, U.S.A.
BLASCO, Steve	Geological Survey of Can., BIOG	Dartmouth
BLENKINSOP, John	Carleton Univ., Geology Dept.	Ottawa
BLUNDELL, D.J.	Chelsea Coll., Geology Dept.	London, Eng.
BOEY, Peter K.	Champlin Petroleum Co.	Calgary
BOTTOS, Frank	Urtec Instrument Sales	Markham
BOUILLON, Andre	Service D'Amenagement	Quebec
BRADLEY, Ward J.	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
BRAGG, John	Seis - Pro & Consultants Ltd.	Calgary
BRISTER, M.	Husky Oil Operations	Calgary
BRUNDRIT, Dr.	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary
BRUNE, James	Inst. Geophysics & Plan Physics	Cal. U.S.A.
BRUNETTI, Gino	Factory Mutual Engineering Assoc.	Cote St. Luc
BUCHANAN, R.G.	B.C. Govt., Min. of Transport	Victoria
BURKE, K.	Univ. of N.B., Dept. of Geol.	Fredericton
BURR, Douglas C.	Aqua Terra Consultants Ltd.	Calgary
BURTON, Garth B.	Garth B. Burton & Assoc.	Toronto
BURWASH, Ronald	Univ. of Alta., Dept. of Geol.	Edmonton
CAMERON, G.W.	Geological Survey of Canada	Ottawa
CAMPBELL, Douglas D.	Dolmage Campbell & Assoc (1975) Ltd.	Vancouver
CAMPBELL, Ralph H.	Texaco Canada Resources Inc.	Calgary
CANNON, Wayne H.	York University	Downsview
CARD, K.D.	Geol. Survey of Canada	Ottawa
CARSWELL, Duncan A.	Compagnie Generale de Geophysique	Calgary
CARTWRIGHT, Paul	Phoenix Geophysical Ltd.	Vancouver
CASS, Richard	Arvec Consulting Ltd.	Calgary
CAVEN, Robert J.		Don Mills
CHAKRACARTTY, Gopa	Esso Resources Can. Ltd.	Calgary
CHANDRA, James J.	Dept. of Nat. Resources, Geol. Surveys	Fredericton
CHAPMAN, David S.	Univ. of Utah, Dept. Geol. & Geophys.	Utah, U.S.A.
CHARLWOOD, R.G.	Klohn Leonoff Ltd.	Richmond
CHASE, Richard	Univ. of B.C., Dept. Geol. Sci & Oceon.	Vancouver
CHEN, David	Pan Canadian Petroleum Ltd.	Calgary
CHORNOPSKY, M.L.	Cdn. Reserve Oil & Gas Ltd.	Calgary
CHUNG HAI-MAN	Cdn. Superior Oil Ltd.	Calgary
CLARKE, Garry K.C.	Univ. of B.C., Dept. of Geo. & Ast.	Vancouver
CLINCK, John W.	Geophysical Services Inc.	Calgary
COLLETT, Leonard	Geol. Survey of Canada	Ottawa
COLVIN, Douglas J.	Anadarko Petroleum of Can. Ltd.	Calgary
COOPER, Norman M.	Mustagh Resources Ltd.	Calgary
CORBETT, J.D.	The Anaconda Co.	Colorado,USA
CRAIG, William A.	Husky Oil International Inc.	Calgary
CRONE, J. Duncan	Crone Geophysics Ltd.	Mississauga
CROSSLEY, David	McGill University	Montreal
CROUS, C.M.	Aberford Resources Ltd.	Calgary
CUMMING, G.L.	Univ. of Alta., Dept. of Physics	Edmonton

DAHLMAN, O.	Res. Inst. of Nat. Defence	Sweden
DALY, Dennis J.	Home Oil Company Ltd.	Calgary
DARGIE, Barrie G.	Tricentrol Oils Ltd.	Calgary
DARNLEY, Arthur G.	Geol. Survey of Canada	Ottawa
DAVIES, Carole E.	Alberta Energy Co.	Calgary
DAVIES, J.L.	Mineral Resources Branch	Bathurst
DAVIS, Thomas L.	Colorado School of Mines	Col. U.S.A.
DAVITT, W.E.	Chevron Canada Resources Ltd.	Calgary
DE CAEN, R.F.B.	Husky Oil	Calgary
DELLECHAIE, Frank	O'Brien Resources Corp.	Cal. USA
DENSMORE, A.A.	Geol. Survey of Canada	Calgary
DERBOWKA, Robert M.	Shell Can. Resources Ltd.	Calgary
DERRY, Duncan R.	Derry, Michener, Booth & Wahl	Toronto
DEUTSCH, Ernst R.	Memorial Univ. of Nfld.	St. John
DIORIO, Peter	Utah Mines Ltd.	Toronto
DMITROCA, Walter	Mobil Oil Canada Ltd.	Calgary
DOREY, Kathleen	Boyd Exploration Consultants Ltd.	Calgary
DORNIAN, Nick	Dornian Consultants Ltd.	Calgary
DOSSO, H.W.	Univ. of Victoria, Dept. of Physics	Victoria
DOUGLAS, A.	UK Ministry of Defence	UK
DOWHANIUK, James	Can. West Nat. Gas Co. Ltd.	Calgary
DOYLE, Michael E.	Dome Petroleum Ltd.	Calgary
DRUMMOND, Kenneth J.	Mobil Oil Canada Inc.	Calgary
DRUMMOND, F.M.	Amoco Can. Petroleum Co. Ltd.	Calgary
DU BERGER, Reynold	Univ. du Que. A Chicoutimi	Chicoutimi
DUFF, Gordon C.	Atomic Energy of Canada	Mississauga
DUNCAN, D. R	Morrison Beatty Ltd.	Toronto
DUNLOP, D.J.	Univ. of Toronto, Dept. of Physics	Toronto
EBEL, John E.	Weston Obs., Boston College	Mass., U.S.A.
EBNER, Erwin	Petro-Canada Resources	Calgary
EHRLICH, Marvin	Marvin Ehrlich Consult. Eng.	Washington,USA
EINARSSON, T.D.	Geophysical Service Inc.	Texas,USA
ELLWOOD, Brooks B.	Univ. of Georgia, Dept. Geology	Ga. U.S.A.
ENG, George	Placer Cego Petroleum Ltd.	Calgary
EVANS, A.H.	Amoco Petroleum Corp.	Calgary
EWING, G.N.	Dept. of Fisheries & Oceans	Ottawa
FARQUHAR, R.M.	Univ. of Toronto, Physics Dept.	Toronto
FARRAR, Edward	Queens Univ., Dept. of Geol. Sc.	Kingston
FENWICK, D.K.Bruce	Voyager Petroleums Ltd.	Calgary
FERRIS, Craig	Gravimetrics Inc.	Okla. USA
FILO, John J.D.	Cambrian College	Sudbury
FISCHER, Alfred	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
FISCHER, Gaston	Observatoire Cantonal	Suisse
FOLINSBEE, R.Allin	Petro Canada	Calgary
FOO, Wayne	Chevron Canada Resources Ltd.	Calgary
FORTIN, Gilles	Geomines Ltée	Montréal
FRANCHETEAU, Jean	Deolen Locmaria-Plouzane	France
FULOP, Joseph (Rev.SJ)		Toronto
FURLONG, Kevin P.	Penn. State Univ.,Dept. Geoscience	Pa. U.S.A.
GAGNON, Pierre	Univ. Laval, Dept. Geodesie et Cart.	Quebec
GAUCHER, Edwin	E. Gaucher & Associates	St. Foy
GENDZWILL, Don	Univ. of Sask., Dept. of Geology	Saskatoon
GIRDLER, Dr. R.W.	School of Physics	U.K.
GLOVER, Wayne	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary
GREENHOUSE, John	Univ. of Waterloo, Dept. Earth Sc.	Waterloo
GREF, Beverley S.	Petro-Canada	Calgary
GREGORY, A.F.	Gregory Geosciences Ltd.	Ottawa
HAJNAL, Z.	Univ. of Sask., Dept. of Geol. Sci.	Saskatoon
HALLE, Francois	Mesures d'Urgences Municipales	Valleyfield
HALPENNY, Frank	Cdn. Superior Oil Ltd.	Calgary
HALVORSEN, R.A.	Suncor Inc. Resources Grp.	Calgary
HARROW, G.A.	Dupont of Can. Explor. Ltd.	Vancouver
HAWORTH, Richard T.	Instit. of Geol. Sciences	U.K.

HAYATSU, A.	Univ. of Western Ont.,Dept.Geoph.	London
HAYLES, J.G.	Atomic Energy of Canada Ltd.	Ottawa
HEDGES, J.R.	Export Development Corp.	Ottawa
HENDRY, Ken	Cominco Ltd.	Toronto
HENLEY, David C.	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary
HERRMANN, Robert B.	St. Louis Univ., Dept. Earth & At.Sc.	Miss., U.S.A.
HERZ, Alex	Hertz Industries Ltd.	Toronto
HINCH, Alan J.	A.J.Hinch Consultants Ltd.	Calgary
HOBSON, G.D.	Polar Continental Shelf Project	Ottawa
HOFFMAN, Paul F.	Geological Survey of Canada	Ottawa
HOLDER, Andrew P.	Home Oil Co. Ltd.	Calgary
HONG, Marie	Chevron Canada Resources Ltd.	Calgary
HORNE, E.A.	Rangland Resources Ltd.	Calgary
HORNFORD, H.E.	H.E.Hornford Geophysical Cons.	Calgary
HOWELL, Eric C.	Norcen Energy Resources Ltd.	Calgary
HOWELLS, Kenneth	N.S. Research Foundation, Geo.Div.	Dartmouth
HRYCYK, Victor W.	Regency Resources Ltd.	Calgary
HUME, James R.	Home Oil Co. Ltd.	Calgary
HUNTLEY, Ross	BP Exploration Can. Ltd.	Calgary
HUTCHISON, Dave	NAJ Exploration Ltd.	Calgary
JACKSON, J.H.	Teledyne Exploration Ltd.	Calgary
JACKSON, H.Ruth	Atlantic Geosc. Centre	Dartmouth
JAGODITS, F.C.	Excalibur Int. Cons. Ltd.	Mississauga
JAIN, Sudhir	Commonwealth Geoph. Dev.C.	Calgary
JENSEN, Oliver G.	McGill Univ., Dept. of Geol. Sc.	Montréal
JOHNSON, Ian M	Scintrex Ltd.	Concord
JOSE, Barrie F.	Esso Resources Canada Ltd.	Calgary
JUSTICE, James	Univ. of Cal.,Dept. of Geol. & Geophys.	Calgary
KANAMORI, H.	California Inst. Seismological Lab	Cal. USA
KATAY, John	Petro Canada Exploration Inc.	Calgary
KATIGEMA, F.D.	Sunco Inc. Resources Grp.	Calgary
KAY, Anthony	Hardy Associates (1978) Ltd.	Calgary
KEEN, C.E.	Atlantic Geoscience Centre	Dartmouth
KELSCH, W. Lorne	Pan Canadian Petroleum Ltd.	Calgary
KERR, Aubrey	AK Associates Ltd.	Calgary
KHAN, Dr. N.A.	Bennett Bldg., The Univ.,Dept.Geol.	U.K.
KIERULE, Frederick	Husky Oil Operations Ltd.	Calgary
KILTY, S.	Dighem Ltd.	Toronto
KIM, Isaac	Scripps Instit. c/Oceanography	Ca. USA
KIMMINS, Reginald L.	Mobil Oil Canada Ltd.	Toronto
KIRKBY, S.C.	EDA Instruments Inc.	Toronto
KLASNER, John	Dept. Geol., West Illinois Univ.	Ill., U.S.A.
KNAPIK, Dennis W.	D. Knapik Geophysics Ltd.	Calgary
KNOLL, Frank	Nicolet, Chartrand, Knoll	Montreal
KONINGS, Marcel H.	Questor Surveys Ltd.	Mississauga
KRAMERS, J.W.	Alta. Research Council	Edmonton
KRAUSE, B.R.	Cdn. Nickel Co. Ltd.	Copper Cliff
KREBES, Edward S.	Univ. of Calg., Dept. Geol.& Geoph.	Calgary
KROUSE, H. Roy	Univ. of Calgary, Physics Dept.	Calgary
KRYZAN, Andrew Z.	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
LACHAPELLE, Gerard	Nortech Surveys (Canada) Inc.	Calgary
LAHR, John	U.S. Geol. Survey, Off. of Earthqu.	CA., USA
LAING, William E.	Conoco Inc.	Texas, USA
LANGE, A.G.	Sask. Oil	Regina
LANGLEY, Richard B.	Univ. of N.B.,Dept. of Survey Eng.	Fredericton
LAURIDSEN, E.Kring	Danish Meteorological Institute	Denmark
LAWTON, Dr. D.C.	Univ. of Cal., Dept. of Geol. & Geoph.	Calgary
LAZIB, Andre A.	Pan Canadian Petroleum Ltd.	Calgary
LEBLANC, Gabriel A.	Weston Geophys. Corp.	Mass. U.S.A.
LECOMTE, Paul	Hydro-Quebec	Montreal
LEE, Albert	Cdn. Superior Oil Ltd.	Calgary
LIZOTTE, Henri	Soquip	Ste. Foy

LEE, L.O.	Canada Exploration Ltd.	Calgary
LESLIE, John A.	Geological Consultants	Bedford
LEWIS, Alan C.	Husky Oil Operations Ltd.	Calgary
LEWIS, C.F.M.	GSC, Atlantic Geoscience Centre	Dartmouth
LIMION, H.	Newmont Expl. of Can. Ltd.	Toronto
LINARD, John R.	Shawinigan Consultants Inc.	Montréal
LINDSETH, Roy	Teknica Resources Dev.	Calgary
LINSSER, Helmut	Linsser Geophysical Services	Calgary
LIZOTTE, Henri	Soquip	Ste-Foy
LODHA, Ganpat S.	Canterra Energy Ltd.	Calgary
LUND, John W.	Oregon Inst. Tech.,Geo-Heat Util. Ctr.	Oregon,USA
MACDONALD, W.D.	S.U.N.Y., Dept. Geology	NY, U.S.A.
MACKEITH, Neil J.	Bow Valley Industries Ltd.	Calgary
MACNAB, Ron	Bedford Institute of Ocean.	Dartmouth
MADOKORO, Dennis G.	Skandia Reinsurance	Toronto
MAIR, J.A.	Dome Petroleum	Calgary
MAJUMDAR,S.C.	Esso Resources Canada Ltd.	Calgary
MARKS, Larry W.	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary
MATHEWS, W.H.	Univ. of B.C., Dept. of Geology	Vanc.
MATTHEWS, Larry	Amoco Canada Petroleum Co. Ltd.	Calgary
MAYER, G.M.	Ivaco Inc.	Marieville
MAYERS, I. Richard	Suncor Inc.	Calgary
MCCAFFREY, Greg	Golden Eagle Oil & Gas Ltd.	Calgary
MCCANCE, John A.		Willowdale
MCKELLAR, Roger	Pika Marine Enterprises Ltd.	Vanc.
MCKEVITT, W.E.	H.A. Simons Internat. Ltd.	Vanc.
MCMULLAN, S.R.	Uranerz Expl. & Mining Ltd.	Saskatoon
MCNEILL, J.D.	Geonics Ltd.	Mississauga
MEREU, R.F.	Univ. of Western Ont.,Dept. Geoph.	London
MILNE, V.G.	Ontario Geological Survey	Toronto
MONAHAN, David	Cdn. Hydrographic Service,EMR	Ottawa
MOON, Wooil	Univ. of Manitoba, Dept. Earth Sc.	Winnipeg
MORAVER, A. R.	Carleton Univ., Geol. Dept.	Ottawa
MORELLI, Carlo	Univ. di Triese, Inst. Miniere Geof.	Trieste,Italy
MORGAN, K.A.		Willowdale
MORGAN, Paul	Purdue Univ., Dept. Earth Sc.	IN., U.S.A.
MORRIS, Drew	Union Oil Company of California	Alaska
MORRIS, Leslie D.	Geomagnetic Data Centre	Boulder,Co.
MORROW, William	Amoco Canada Petroleum Co.Ltd.	Calgary
MURRAY, Gordon H.	North West Hydrographic Surveys Ltd.	Surrey
NATRUE, L.	Pan Canadian Petroleum	Calgary
NELSON, C.S.	Esso Resources (Can.) Ltd.	Calgary
NICHOLLS, James	Univ. of Calgary, Geol & Geophys. Dept.	Calgary
NYBERG, C.B.	Gulf canada Resources Ltd.	Calgary
NYLAND, Edo	Univ. of Alta., Inst. of Earth & Pl.Ph.	Edmonton
OAKLEY, William	W.M. Oakley & Associates Ltd.	Calgary
O,BRIEN, L.J.	EMR, Surveys & Mapping, Geodetic Div.	Ottawa
OLDENBURG, Doug	Univ. of B.C., Dept. Geoph. & Ast.	Vanc.
OLSEN, Elizabeth A.	Cdn. Occidental Petroleum	Calgary
OPDYKE, Neil D.	Univ. of Florida, Dept. of Geol.	Florida, USA
ORGNERO, U.J.	Amoco Canada Petroleum Co.	Calgary
ORR, Archie C.	Empress Exploration Consult.	Calgary
O'HARA, Thomas F.	Yankee Atomic Electric Co.	Ma., USA
PALMASON, Gudmundur	Orkustofnun, Grensasvegur	Iceland
PAMENKA, J.	Dome Petroleum	Calgary
PAP, Andrew	Amoco Canada Petroleum Co. Ltd.	Calgary
PAPAZACHOS, B.C.	Univ. of Thessaloniki, Geophys.Lab.	Greece
PARROTT, Richard J.E.	Oil Co. of Australia, N.L.	Australia
PARSNEAU, Paul	Dome Petroleum Ltd.	Calgary
PATERSON, Norman R.	Paterson, Grant & Watson Ltd.	Toronto
PAVLIK, Bohuslav	Urtec Ltd.	Markham
PAYNE, J.G.	RMB Technical Services Ltd.	Montreal West
PEIRCE, Dr. J.W.	Gravity Magnetics Group	Calgary

PELLETIER, B.R.	Geological Survey of Canada	Ottawa
PELTIER, W.R.	Univ. of Toronto, Dept. Physics	Toronto
PEMBERTON, R.H.	Noranda Exploration Ltd.	Toronto
PEZARRO, T.A.	TA Pezzaro and Assoc. Ltd.	Calgary
PHILLIPS, Bonnie	Union Texas Petroleum	Texas, U.S.A.
PINCHIN, Edwin J.	Merland Explorations Ltd.	Calgary
PITCHER, Douglas	Ontario Geological Survey	Toronto
POCZYNIAK, C.A.	Carruthers & Wallace Ltd.	Rexdale
PODMORE, Francis	Univ. Zimbabwe, Physics Dept.	Zimbabwe
PORTSMOUTH, Jackie	Canadian Superior Oil Ltd.	Calgary
POWERS, William H.	Marsus Exploration Ltd.	Halifax
PROCTER, J.E.	Dome Petroleum Ltd.	Calgary
PROVINS, D.	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
PUNSTEL, Neil O.	Geo. Instruments	Tottenham
RANALLI, G.	Carleton Univ., Dept. Geology	Ottawa
RAPP, Richard H.	Ohio State Univ., Dept. Geodetic Soc.	Ohio, U.S.A.
READ, Peter B.	GeoTex Consultants	Vancouver
READER, John F.	Nevin Sadlier - Brown Goodbrand Ltd.	Vancouver
RECTOR, R.J.	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
REDEKOP, Glen	Canadian Superior Oil Ltd.	Calgary
REDMOND, W.R.	Enertec Geophysical	Calgary
REESOR, T.R.	Chevron Canada Resources Ltd.	Calgary
REILLY, George A.	Urangesellschaft Canada Ltd.	Toronto
RILEY, C.J.	Eldorado Resources Ltd.	Ottawa
ROBB, G.A.	Home Oil Company Ltd.	Calgary
ROSE, Jeff	Texaco Canada Resources Ltd.	Calgary
ROTH, Murray	Geophysical Services Inc.	Calgary
RUFFMAN, Alan	Geomarine Assoc. Ltd.	Halifax
RUSH, Charles M.	Institute of Telecomm. Science	Co., USA
RUSSELL, R.D.	Univ. of B.C.,Dept.Geoph. & Ast.	Vancouver
RUSSELL, David J.	Forest Oil Corp.	Ok., USA
RUSSELL, Brian H.	Veritas Seismic Ltd.	Calgary
RUYGROK, Gerald M.	Mobil Oil Canada Ltd.	Toronto
SAMSON, Laval	Terratech, une div. de SNC Inc.	Montréal
SAVAGE, P.J.	Pan Canadian Petrol	Calgary
SAWYER, Charles S.	Merland Explorations Ltd.	Calgary
SAWYER, Chester G.	Rochester Resources Ltd.	Calgary
SAXOV, Svend	Findlandsgade 6, Lab Geophysics	Denmark
SCLATER, John G.	Mass. Inst. of Tech.	Mass.,U.S.A.
SCOTT, W.J.	Hardy Associates (1978) Ltd.	Calgary
SEXSMITH, R.	Riocanex Ltd.	Toronto
SHAW, Kenneth L.	Union Oil Company of Canada Ltd.	Calgary
SHEPPARD, R.H.	Ameranda Minerals Corp.	Calgary
SINGH, Ronald	Mountain Minerals Co. Ltd.	Lethbridge
SLAYMAKER, Olav	Univ. of B.C., Dept. Geography	Vancouver
SMITH, James A.	J.A.S. Explor. Conslt. Ltd.	Calgary
SNEDDON, D.T.	Alta. Forest Service	Spruce Grove
SOUTHER, J.G.	Geological Survey of Canada	Vancouver
STANGER, Ron	Mobil Oil Canada Ltd.	Calgary
STAUDER, J.	B.C. Hydro & Power Auth.	Vancouver
STAUFFER, M.R.	Univ. of Sask.,Dept. Geol. Sc.	Saskatoon
STEENLAND, Nelson C.	Geophysical Explor. Corp.	Texas,USA
STEMP, R.W.	Kenting Earth Sciences Ltd.	Ottawa
STEPHENSON, R.	Australian Nat. Univ.	Australia
SWAB, M.E.	M.E. Swab Holdings Ltd.	Calgary
SYDORA, Larry J.	Chevron Geosciences Ltd.	Cal.,USA
SYKES, Gerald J.	ICG Vista Resources Ltd.	Calgary
SYMONS, D.T.A.	Univ of Windsor, Dept. Geology	Windsor
SZEWCZYK, Z.J.	Mobil Oil Explor. S.E.	Louis, USA
TESKEY, D.J.	Geological Survey of Canada	Ottawa
TESSMAN, John D.	Western Geophysical Co. of Can.	Calgary
THOMPSON, J.G.	Panarctic Oils Ltd.	Calgary

THOMSON, David James	Defense Research Establishment Pacific	Victoria
THORNTON, J.	Placer Development Ltd.	Vancouver
THORPE, Ralph	Geological Survey of Canada	Ottawa
THORPE, John E.	Canterra Energy Ltd.	Calgary
THURSTON, P.C.	Min. of Nat. Res.	Toronto
TIMLECK, P.	Communications Res. Ctr.	Ottawa
TREMBLAY, Pierre	Petro Canada Explorations Inc.	Calgary
UFFEN, J. Douglas	Texaco Canada Resources Ltd.	Calgary
VAN EVERDINGEN, R.O.	National Hydrology Research Inst.	Calgary
VAN HEES, Ec	Pamour Porcupine Mines Ltd.	Timmins
VAN WAGONER, Nancy A.	Acadia Univ., Dept. of Geology	Wolfville
VERDIEL, M.A.	Amoco Canada Petroleum Co. Ltd.	Calgary
VIGRAS, Laurence W.	Univ. of Regina, Dir. of Energy Res.	Regina
VOHRA, D.R.	Petro Canada Exploration Inc.	Calgary
VON ENGELHARDT, Wolf	Mining Petrograph Institute	West Germany
WALKER, James A.	Walker Exploration Ltd.	Mississauga
WALMSLEY, Mark E.	Pedology Consultants	Victoria
WASILENKOFF, J.M.	Energics Explor. Ltd.	Calgary
WATANABE, T.	Univ. of B.C., Dept. Geophys. & Ast.	Vancouver
WATSON, J.C.	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary
WEBER, W.	Min. Res. Div.	Manitoba
WEIR, H.	Memorial University, Dept. Physics	St. Johns
WEIR, Ronald M.	Norcen Energy Resources Ltd.	Calgary
WELCH, Donald E.	Golder Associates	Mississauga
WEST, G.F.	Univ. of Toronto, Dept. Physics	Toronto
WHITAKER, Sidney H.	Atomic Energy, Whiteshell Nuclear Res.	Pinawa
WHITE, Dwaine	Kahnawake Dev. Res. Prog.	Kahnawake
WHITING, Pat	Pegasus Earth Sensing Corp.	
WICHERTS, Eric	Amoco Canada Petroleum	Calgary
WILCOX, Dr. L.	Defense Mapping Agency Aerospace Centre	Mo., U.S.A.
WILLIAMS, H.	Memorial University, Dept. Geology	St. Johns
WILSON, J.R.	Comer & Wilson Ltd.	Calgary
WINSOR, Robin	Gulf Canada Resources Ltd.	Calgary
WITHERLEY, Ken	Utah Mines Ltd.	Toronto
WONG, C.L.	Dept. of Highways & Transportation	Winnipeg
WOODFORD, Dennis	Manitoba Hydro	Winnipeg
WOODSIDE, J.M.	Atlantic Geoscience Centre	Dartmouth
WOOTON, Arthur	The Consumers Gas Co. Ltd.	Scarborough
WREN, Easton	Petrel Consultants Ltd.	Calgary
WRIGHT, James A.	Memorial University, Dept. Physics	St. Johns
WRIGHT, James L.	Sulpetro Minerals Ltd.	Toronto
YOUNG, Keith	Alberta Energy Co. Ltd.	Calgary
ZOETEMELK, J.M.A.	Shell Canada Resources Ltd.	Calgary